



⑩ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 54 764 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 01 S 5/02**  
H 04 B 7/26

②① Aktenzeichen: 100 54 764.8  
②② Anmeldetag: 4. 11. 2000  
④③ Offenlegungstag: 28. 6. 2001

③① Unionspriorität:  
438204 12. 11. 1999 US  
  
⑦① Anmelder:  
Motorola, Inc., Schaumburg, Ill., US  
  
⑦④ Vertreter:  
Dr. L. Pfeifer und Kollegen, 65203 Wiesbaden

⑦② Erfinder:  
King, Thomas M., Tempe, Ariz., US; Geier, Georg J.,  
Scottsdale, Ariz., US; Zhao, Yilin, Northbrook, Ill.,  
US; Hart, Roger C., Gilbert, Ariz., US

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren und Anordnung für ein Unterstütztes GPS-Protokoll

⑤⑦ Die Erfindung besitzt ein Zellennetzwerkprotokoll, das den erfordernten Datenfluss zwischen der zellenförmigen Infrastruktur und jedem mobilen Handgerät, das die Fähigkeit zur auf GPS basierender Positionsbestimmung aufweist, minimiert. Es werden vier spezifische Innovationen vorgestellt, die zusammen die Anzahl der an jedes Handgerät gesendeten Bits minimieren: ein Verfahren zur Verringerung oder zur Entfernung der Anforderungen für ephemeridische GPS-Updates auf jedes Handgerät; ein Verfahren zum Komprimieren der differentiellen Übertragungs-Korrekturnachricht; ein Verfahren zur Kontrolle der Rate, mit der das Netzwerk die Ephemeride jedes Handgeräts auf den neuesten Stand bringt, basierend auf einer ephemeridischen Altersgrenze; und schließlich ein Verfahren, das jedes Mobilgerät verwenden kann, um zu bestimmen, wann ein ephemeridisches Update benötigt wird, basierend auf einer Genauigkeitsvorhersage und einem für jedes mobile Handgerät individuellen Grenzwert.

**DE 100 54 764 A 1**

**DE 100 54 764 A 1**

Die gegenwärtige Erfindung liegt allgemein im Bereich der Funk-Kommunikationssysteme. Genauer bezieht sich die gegenwärtige Erfindung auf ein Verfahren und eine Anordnung für ein Protokoll zur Bestimmung des Standortes eines mobilen Handgerätes in einem Funk-Kommunikationssystem.

Funk-Kommunikationssysteme stellen im allgemeinen zwei-Wege Sprech- und Datenkommunikation zwischen entfernten Orten bereit. Beispiele für derartige Systeme stellen mobile und persönliche Kommunikationssysteme (PCS) zur Funk-Kommunikation, Bündelfunksysteme, schnelle Funknetzwerke, und globale mobile persönliche Kommunikationssysteme (GMPCS), wie auf Satelliten basierende Systeme, dar. Die Kommunikation in diesen Systemen wird gemäß einem vorher festgelegten Standard geleitet. Mobile Stationen, auch als Handapparate, "Portables" oder Funktelefone bekannt, fügen sich in diesen Systemstandard ein, um mit einer oder mehreren festen Basisstationen zu kommunizieren.

Es ist wünschenswert, die physikalischen Standorte mobiler Stationen innerhalb eines Systems zu bestimmen und mit ihnen zu kommunizieren, so wie Funktelefonhandgeräte innerhalb eines Mobilfunknetzes. Des weiteren verfügte die "Federal Communications Commission" der USA (FCC), dass Mobiltelefone bis zum Jahr 2001 geographisch ortbar sein müssen. Dies ist insbesondere bei Notsystemen wie "Enhanced 911" (E911) wünschenswert. Das FCC verlangt strikte Genauigkeits- und Erreichbarkeitsleistungen und fordert, dass der Standort von Mobiltelefonen für Netzwerklösungen zu 67% der Zeit auf 100 Meter genau festgestellt werden kann und dass der Standort von Mobiltelefonen für Handgeräteleösungen zu 67% der Zeit auf 50 Meter genau festgestellt werden kann.

Des weiteren können mit diesen für Mobilstationen erhältlichen Standortinformationen standortabhängige Leistungen und Nachrichten, Werbung eingeschlossen, als Antwort auf den Standort des Mobiltelefons an den Benutzer des Mobiltelefons weitergeleitet werden.

Gegenwärtige Generationen von Funkkommunikation besitzen nur begrenzte mobile Standortbestimmungsgenauigkeit. Bei einer Methode wird die Position der mobilen Station bestimmt, indem die Übertragungen der mobilen Station an mehrere Basisstationen verfolgt wird. Aus der Laufzeit der Signale kann die Position der mobilen Station berechnet werden. Allerdings ist die Genauigkeit dieser Technik begrenzt und kann bei Zeiten unzureichend für die FCC-Anforderungen sein.

Bei einer anderen Methode ist jede mobile Station mit einem Empfänger für ein globales Satellitennavigationssystem wie das "Global Positioning System" (GPS) ausgerüstet. Konstruktion und Bedienung der GPS-Empfänger werden in den nordamerikanischen Patenten 5 175 557 und 5 148 452 beschrieben, die beide dem Erfinder der hier beschriebenen Erfindung zugeteilt wurden. Der GPS-Empfänger empfängt Signale von mehreren GPS-Satelliten, die die Erde umrunden. Aus diesen Daten und deren Übertragungszeit berechnet der GPS-Empfänger die Positionen der Satelliten und daraus seine eigene Position. Ein GPS-Satellit im Weltraum bewegt sich mit etwa 4000 Metern in der Sekunde. Die Standortdaten des Satelliten sind definiert als  $X(t)$ , die Geschwindigkeitsdaten als  $V(t)$ . Die Parameter  $X(t)$  und  $V(t)$  sind dreidimensionale Positions- und Geschwindigkeitsvektoren des Satelliten und beziehen sich auf ein kartesisches Koordinatensystem, das sich mit der Erde mitbewegt und seinen Ursprung im Erdmittelpunkt hat. Das GPS-System beinhaltet 24 Satelliten, von denen zu jedem Zeitpunkt mehrere den mobilen Stationen sichtbar sind. Jeder dieser Satelliten sendet Daten gemäß vorher definierter Standardformate und Zeitpunkte.

Traditioneller Weise werden Satellitenkoordinaten und -geschwindigkeiten im GPS-Empfänger berechnet. Der Empfänger erhält Ephemeride und Uhrzeitkorrekturdaten des Satelliten, indem er den vom Satelliten übertragenen Datenfluss demoduliert. Die Satellitenübertragung enthält 576 Bit Daten, übertragen mit 50 Bit pro Sekunde (bps). Die in den Ephemeridedaten enthaltenen Konstanten stimmen mit Keplerkonstanten überein und man benötigt viele mathematische Operationen, um diese Daten in Ort- und Geschwindigkeitsdaten umzuwandeln. In einer Anwendung verlangt diese Umwandlung 90 Multiplikationen, 58 Addierungen und 21 transzendente Funktionsaufrufe ( $\sin$ ,  $\cos$ ,  $\tan$ ), um die Ephemeride in Satellitenpositions- und Geschwindigkeitsvektor für einen einzelnen Satelliten umzurechnen. Die meisten dieser Berechnungen verlangen doppelte Präzision, "floating point"-Prozessierung. Diese Berechnungen müssen vom Empfänger jede Sekunde für jeden der bis zu 12 Satelliten ausgeführt werden.

Daher ist der rechnerische Aufwand zur Ausführung dieser traditionellen Berechnungen beachtlich. Das Handgerät muss einen hochwertigen Prozessor enthalten, der fähig ist, die notwendigen Operationen durchzuführen. Solche Prozessoren sind relativ teuer und verbrauchen viel Leistung. Ein Handgerät für den Benutzer soll möglichst billig sein und wenig Leistung verbrauchen. Dieses Ziel ist allerdings nicht mit der hohen rechnerischen Anforderungen für die GPS-Prozessierung vereinbar.

Des weiteren stellt die langsame Datenrate vom GPS-Satelliten eine Limitierung dar. GPS-Empfang an einem GPS-Empfänger kann mehrere Sekunden oder mehrere Minuten in Anspruch nehmen, während denen der Empfänger-Stromkreis und der Prozessor der mobilen Station kontinuierlich mit Energie versorgt werden müssen. Vorzugsweise werden zur Verlängerung des Lebens der Batterie in tragbaren Empfängern und Empfangseinheiten, wie mobile Handgeräte, die Schaltungen so oft wie möglich von der Stromversorgung getrennt. Die lange Zeit zum Empfang eines GPS-Signals kann die Batterie einer mobilen Station schnell leeren. In jeder Situation, speziell aber in Notsituationen, ist die lange Zeit zum Empfang eines GPS-Signals unbequem.

Ein Systemvorschlag, "Assisted GPS" genannt, beinhaltet den Empfang der Ephemeride- und Zeitkorrekturdaten in einer Basisstation eines Funk-Kommunikationssystems und die Übersendung dieser Daten über eine konventionelle Kommunikationsverbindung an die mobile Station. Die Basisstation empfängt die 50 bps-Übertragung von einem GPS-Satelliten und handelt als ein Wiederholer, der die Daten des GPS-Satelliten sammelt und sie mit einer höheren Datenrate an eine mobile Station weiterleitet. Die Ephemeride- und Zeitkorrekturdaten werden von der mobilen Station empfangen und für Satellitenpositionsberechnungen verwendet. Aus der Satellitenposition kann dann die Position der mobilen Station berechnet werden. Obwohl dieses System einige Vorteile, wie größere Datenraten in der Basis-Mobil-Kommunikationsverbindung, aufweist (typischer Weise 9600 bps), die es der Empfängerschaltung der mobilen Station erlauben, einen größeren Zeitraum ausgeschaltet zu sein, bleibt der hohe rechnerische Aufwand zur Bearbeitung der ephemeridischen Rohdaten erhalten.

In einer anderen vorgeschlagenen Lösung wird ein GPS-Almanach in der mobilen Station gespeichert. Dieser Almanach stellt eine reduzierte Teilmenge der Ephemeridedaten dar. Eine Basisstation berechnet Standort- und Zeitkorrekturinformation für diesen Almanach und überträgt diese Korrektur über die Kommunikationsverbindung auf die mobile Station. Die mobile Station entscheidet, dass sie die richtigen Korrekturdaten für ihren Almanach besitzt und, falls dies so ist, berechnet Satellitenstandort und Zeitdaten, indem sie den Almanach verwendet.

Dieses System verringert etwas den von der mobilen Station verlangten rechnerischen Aufwand. Allerdings muss der Empfänger der mobilen Station während der Übertragung seiner Almanachdaten und während aller folgenden Übertragungszeiten für Korrekturdaten seines Almanachs mit Energie versorgt werden. Des weiteren müssen die Daten des Almanach in der mobilen Station gespeichert werden, was Größe und Preis der mobilen Station vergrößern kann.

Eine weitere vorgeschlagene Lösung ist ein netzwerk-zentrierter Ansatz, bei dem die Verantwortung zu entscheiden, wann ein Mobiltelefon auf den neuesten Stand gebracht werden soll, dem Netzwerk obliegt. Dies führt zu einer harten Randbedingung für die Endanwendung, die sehr konsequent verfolgte Datenupdatebedingungen für alle Mobiltelefone fordert, da es dem Mobiltelefon unmöglich ist, das Netzwerk zu informieren, dass das Datenupdateschema Priorität erhalten soll.

Diese Lösung birgt drei große Nachteile. Erstens wurde noch nicht nachgewiesen, dass die dynamische Breite der inkrementellen Updatefelder ausreicht, alle möglichen Werte der Parameter abzudecken. Bei der Komplexität des inkrementellen Updatealgorithmus werden selbst mehrere Wochen an ephemeridischen Daten nicht ausreichen, alle Möglichkeiten, wie Manöver zum Erhalt der Satellitenstation oder Änderungen der Satellitenumlaufbahn, wie sie von Zeit zu Zeit von der GPS Bodenkontrolle durchgeführt werden, abzudecken. In der Vergangenheit wurden mehrere GPS Satelliten für Wochen auf höhere Umlaufbahnen gebracht, um diese Satelliten dann auf eine andere Umlaufbahn in der alten Umlaufebene zu bringen. Während der gesamten Phase waren die Satelliten aktiv, bis auf die kurzen Beschleunigungs- und Bremsvorgänge.

Zweitens muss ein neuer Parameter, "Issue of Data Assistance" (IODA), erzeugt und für jede Probe der sichtbaren Satelliten alle 15 Minuten verwendet werden, und es müssen komplizierte Intra- und Inter-Tabellen und damit verwandte Datenstrukturen und Algorithmen erzeugt, verwaltet und am "Serving mobile location Center" (SMLC), zusammen mit dem IOAD, kommuniziert werden. Insbesondere sind Inter-Tabellenverwaltung und Inter-SMLC-Kommunikation schwierig und oft nicht notwendig.

Und Drittens gibt es keinen Grund, den Ephemeridensatz in den meisten, wenn nicht gar in allen, Fällen auf den neuesten Stand zu bringen, wenn das Mobiltelefon einen ersten Rohephemeridensatz für einen sichtbaren Satellit erhalten hat, obwohl die Lösung nach dem Stand der Technik vorschlägt, die Ephemeridendaten immer wieder auf den neuesten Stand zu bringen. Dies nimmt große Teile der Punkt-zu-Punkt Verbindungskanäle in Beschlag, wie in Tabelle 1 gezeigt:

Tabelle 1

Anzahl an Bits, die an die MS über den sichtbaren Satelliten geschickt werden, gemäß Stand der Technik

Höhe	% SV mit rohem EPH Update	% SV mit 2 h inkrem EPH Update	% SV mit 4 h inkrem EPH Update	% SV mit 6 h inkrem EPH Update	% SV mit 8 h inkrem EPH Update	Gesamte rohe äquiv Updates pro SV
60 deg	100 %	85 %	50 %	Null	Null	1.68 X rohe EPH Bits
30 deg	100 %	90 %	70 %	30 %	Null	1.95 X rohe EPH Bits
15 deg	100 %	95 %	80 %	30 %	15 %	2.10 X rohe EPH Bits
Äquator	100 %	97 %	85 %	65 %	35 %	2.41 X rohe EPH Bits

Demzufolge besteht die Notwendigkeit, ein verbessertes Verfahren und Anordnung zu liefern, um in einem Funk-Kommunikationssystem Standortbestimmungen zu liefern.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 zeigt ein Systemdiagramm eines Mobilfunktelefonsystems eines "Assisted Global Positioning System" (GPS) gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der gegenwärtigen Erfindung.

Fig. 2 zeigt ein Blockschaltbild einer Architektur eines Mobilfunktelefonsystems, das es erlaubt, Standortservices (LCS) zu unterstützen, gemäß der bevorzugten Ausführungsform des "Assisted GPS" Funktelefonsystems aus Fig. 1.

Fig. 3 zeigt ein Flussdiagramm der Funktion des "Assisted GPS" Funktelefonsystems aus Fig. 1.

Fig. 4 zeigt ein Protokoll-Flussdiagramm der Funktion des "Assisted GPS" Funktelefonsystems aus Fig. 1.

Fig. 5 zeigt ein Flussdiagramm der Positionierungsprozeduren/daten eines Mobiltelefons, wobei eine Standortanfrage als Punkt-zu-Punkt Nachricht an das "Assisted GPS" Funktelefonsystems aus Fig. 1 erzeugt wird, gemäß der bevorzugten Ausführungsform der gegenwärtigen Erfindung.

Fig. 6 zeigt ein Flussdiagramm der Positionierungsprozeduren/daten eines Mobiltelefons, wobei eine Standortanfrage als Punkt-zu-Punkt-Nachricht an das "Assisted GPS"-Funktelefonsystem aus Fig. 1 beendet wird, gemäß der bevorzugten Ausführungsform der gegenwärtigen Erfindung.

Fig. 7 zeigt ein Datenflussdiagramm einer GPS Übertragungsnachricht an das "Assisted GPS"-Funktelefonsystems aus Fig. 1, gemäß der bevorzugten Ausführungsform der gegenwärtigen Erfindung.

Fig. 8 zeigt ein Blockschaltbild einer mobilen Station, gemäß der bevorzugten Ausführungsform der gegenwärtigen Erfindung.

Fig. 9 zeigt ein Flussdiagramm der Funktion des Handgerätes aus Fig. 8 zur Anfrage/Empfang und Punkt-zu-Punkt-Übersendung von ephemeridischen und differentiellen Korrekturdaten, gemäß der bevorzugten Ausführungsform der gegenwärtigen Erfindung.

Fig. 10 zeigt ein Flussdiagramm der Funktion des Handgerätes aus Fig. 8 zur Anfrage/ Empfang und Funkübersendung von ephemeridischen Daten und zur Punkt-zu-Punkt-Übersendung von differentiellen Korrekturdaten, gemäß der bevorzugten Ausführungsform der gegenwärtigen Erfindung.

Fig. 11 zeigt ein Flussdiagramm der Funktion des Handgerätes aus Fig. 8 zur Anfrage/Empfang und Punkt-zu-Punkt-Übersendung von ephemeridischen und Funkübersendung von differentiellen Korrekturdaten, gemäß der bevorzugten Ausführungsform der gegenwärtigen Erfindung.

Fig. 12 zeigt ein Flussdiagramm der Funktion des Handgerätes aus Fig. 8 zur Anfrage/Empfang und Funkübersendung

von ephemeridischen und differentiellen Korrekturdaten, gemäß der bevorzugten Ausführungsform der gegenwärtigen Erfindung.

Fig. 13 zeigt eine Illustration der räumlichen Korrelation in Zusammenhang mit dem GPS Ephemeridenfehler.

Fig. 14 zeigt eine graphische Illustration der "eins-sigma" GPS Satellitenpositionsfehler-Komponenten als Funktion des Ephemeridenalters.

Fig. 15 zeigt ein Diagramm der tatsächlichen und der geschätzten Satellitenpositionen, gemäß der bevorzugten Ausführungsform der gegenwärtigen Erfindung.

Fig. 16 zeigt eine graphische Illustration der "eins-sigma" GPS Satellitengeschwindigkeitsfehler-Komponenten als Funktion des Ephemeridenalters.

Fig. 17 zeigt ein Systemdiagramm eines "Assisted GPS" Mobilfunktelefonsystems, gemäß einer anderen Ausführungsform der gegenwärtigen Erfindung.

Fig. 18 zeigt ein Blockdiagramm einer Mobilfunktelefonsystem-Architektur, die Standortsysteme (LCS) unterstützen kann, gemäß der anderen Ausführungsform des "Assisted GPS" Mobilfunktelefonsystems aus Fig. 17.

Fig. 19 zeigt ein Flussdiagramm des Protokolls der Funktion des "Assisted GPS" Mobilfunktelefonsystems aus Fig. 17, gemäß einer anderen Ausführungsform der gegenwärtigen Erfindung.

Fig. 20 zeigt ein Flussdiagramm der Positionierungsprozeduren/-daten der Datenübertragung auf das "Assisted GPS" Mobilfunktelefonsystem aus Fig. 17, gemäß der anderen Ausführungsform der gegenwärtigen Erfindung.

#### Detaillierte Beschreibung der Erfindung

Es wird ein verbessertes Verfahren und eine verbesserte Anordnung zur Standortbestimmung über einen "Assisted GPS" Empfänger beschrieben. Die Anordnung der gegenwärtigen Erfindung beinhaltet eine neue Architektur für die mobile Station, die ihren Standort mit großer Genauigkeit und geringem Energieverbrauch und Kosten bestimmen kann. Dies ermöglicht Energieeinsparung – eine wichtige Eigenschaft in tragbaren Geräten, und ermöglicht die Nutzung des E911 Service durch das tragbare Gerät.

In Fig. 1 wird ein zellenförmiges GSM Netzwerk dargestellt, wobei das Systemdiagramm eines "Assisted GPS" Standortsystems verwendet wird, gemäß der bevorzugten Ausführung der gegenwärtigen Erfindung. Es handelt sich um ein System mit einem auf ein Basisstations-Subsystem (BSS) basierendem "Serving Mobile Location Center" (SMLC) 112. Der GPS Referenzempfänger 118 ist an einer vorher untersuchten Stelle angebracht, zusammen mit SMLC 112, und hat freie Sicht auf den Himmel, um die Erzeugung sinnvoller Korrekturen zu ermöglichen. Optional kann, wie der Fachmann unschwer erkennt, der GPS Referenzempfänger 118 auch an jedem anderen Ort mit freier Sicht auf den Himmel angebracht werden, so lange er mittels der seriellen Verbindung 114 an das Netzwerk angebunden werden kann. SMLC 112 ist an die Basis-Empfangsstation (BTS) 102 mittels Basis-Stationscontroller (BSC) 110 angekoppelt. Der BSC 110 ist auch an ein mobiles Service-Schaltzentrum ("Mobile Service Switching Center") (MSC) und einer Registrierung des Besucherstandorts ("Visitor Location Register") (VLR) 122 gemäß dem heutigen Stand der Technik angekoppelt.

Der GPS Referenzempfänger 118 empfängt und verfolgt Signale von mehreren GPS Satelliten 120, um die differentiellen Korrekturdaten zu erzeugen, die gegebenenfalls an standorttaugliche mobile Stationen (Handgeräte) 104 gesendet werden. Die differentiellen Korrekturdaten, die vom GPS Referenzempfänger 118 erzeugt werden, werden vorzugsweise für alle GPS Satelliten 120, die sich in Sicht der GPS Referenzempfängerantennen 119 befinden, erzeugt, um die Abdeckung der mobilen Handgeräte zu maximieren.

Des weiteren werden die ephemeridischen Korrekturdaten und Zeitkorrekturdaten (im Folgenden "ephemeridische Daten" genannt), die von jedem Satelliten gesammelt werden, zusammen mit den differentiellen Korrekturdaten an den SMLC 112 gesendet. Der SMLC 112 sammelt die ephemeridischen und differentiellen Korrekturdaten und erzeugt separate Nachrichten, die von den Trägersignalen 101 der Zellen moduliert werden und an mehrere Benutzer 104 gesendet werden. Die spezifischen Nachrichtenformate variieren als Funktion des Übertragungsmodus. Die Strukturen der Nachrichten für "Punkt-zu-Punkt"- und "Sende"-Modus (oder "Punkt-zu-Multipunkt"-Modus) der Operation werden später detailliert beschrieben.

Gegenwärtige Mobilsysteme beinhalten Standortservice (LCS) und verwandte Technologien, und viele der Architekturen, Protokolle und Verfahren sind noch immer in der Entwicklung, wie logische LCS Architektur, Protokoll und Schnittstellen der Signalverarbeitung, Netzwerk-Standortprozeduren und Positionierungsprozeduren. Demnach ist das "Assisted GPS"-Protokoll der gegenwärtigen Erfindung flexibel genug, um auf jede gegenwärtige und zukünftige LCS-Architektur, Protokolle und Prozeduren angewandt zu werden, während hier ein zellenförmiges GSM-Netzwerk mit LCS und verwandten Technologien, wie im GSM Standard 03.71 beschrieben, vorgestellt wird.

In Fig. 2 wird eine Architektur beschrieben, die den Standortservice (LCS) unterstützen kann. Gemäß der bevorzugten Ausführungsform der gegenwärtigen Erfindung ist der LCS logisch in die GSM Struktur durch die Hinzufügung eines Netzknotens, das mobile Standortzentrum (MLC), implementiert. Ein allgemeines BSS-basierendes SMLC 112 wird in dieser Figur gezeigt. Diese Architektur kann kombiniert werden, um LCS Architekturvarianten zu erzeugen.

Das Basisstationssystem (BSS) ist in die Handhabung mehrerer Positionsprozeduren involviert. Spezifische BSS-Funktionalität wird in jedem der Positionsprozedur-Abschnitte spezifiziert.

Das "Gateway Mobile Location Center" (GMLC) 124 enthält die zur LCS-Unterstützung notwendige Funktionalität. In einem "Public Land Mobile" Netzwerk (PLMN) 126 können mehr als ein GMLC 124 enthalten sein. Das GMLC 124 ist der erste Knoten, den ein externer LCS-Klient 128 in einem GSM PLMN anspricht, d. h. der Le Referenzpunkt 130 (Schnittstelle zwischen externem Benutzer und MLC) wird vom GMLC 124 unterstützt. Ein externer LCS-Klient 128 könnte eine Person sein, die den Standort einer bestimmten mobilen Station (MS) 104 oder mehrerer mobiler Stationen 104 erfahren möchte. Das GMLC 124 kann Routing-Information von einem "Home Location Register" (HLR) 132 mittels Lh-Schnittstelle (zwischen MLC und HLR) anfordern. Nach der Autorisierungsregistrierung sendet es Positionsanfragen an und erhält aktuelle Positionsschätzungen von MSC/VLR 122 mittels der Lg Schnittstelle (zwischen GMLC und MSC/VLR) 136.

Das "Serving Mobile Location Center" (SMLC) 112 enthält die zur Unterstützung des LCS benötigte Funktionalität. In einem PLMN können mehr als ein SMLC 112 enthalten sein. Das SMLC 112 verwaltet die gesamte Koordination und Zeitplanung der Ressourcen, die benötigt werden, um die Positionsbestimmung einer Mobilstation auszuführen. Es berechnet auch die aktuelle Positionsabschätzung und -genauigkeit. Es gibt zwei mögliche Arten von SMLC 112. Ein SMLC 112 gemäß der bevorzugten Ausführungsform der gegenwärtigen Erfindung ist ein BSS-basierendes SMLC: es unterstützt die Lb-Schnittstelle 138 zwischen SMLC 112 und dem Basisstationscontroller (BSC) 110. Ein NSS-basierendes SMLC, das die Ls-Schnittstelle zwischen SMLC und MSC/VLR unterstützt, wird unten in Zusammenhang mit einer anderen Ausführungsform der gegenwärtigen Erfindung beschrieben.

Ein BSS-basierendes SMLC 112 unterstützt die Positionsbestimmung mittels Signalgebung auf die Lb-Schnittstelle 138 zum BSC 110, um das Ziel MS 104 zu bedienen. Beide Arten von SMLC 112 können die Lp-Schnittstelle 140 unterstützen, um Zugriff auf Informationen und Ressourcen, die einem anderen SMLC 112 gehören, zu erlangen. Das SMLC 112 kontrolliert eine Anzahl von Positionsmesseinheiten ("Location Measurement Units" (LMUs)) 142, 143, um Funkchnittstellenmessungen zur Ortung oder zur Unterstützung der Ortung der MS-Abonnenten in seinem Arbeitsgebiet zu erhalten. Das SMLC 112 wird vom Leistungsvermögen und den Arten der Messungen, die von seinen LMUs 142, 143 vorgenommen werden, geleitet. Die Signalgebung zwischen einem BSS-basierenden SMLC 112 und einer LMU 142, 143 wird mittels BSC 110, der die LMU bedient oder kontrolliert, indem die Lb-Schnittstelle 138 und entweder die Umschnittstelle 144 für eine Typ A LMU 142 oder die Abis-Schnittstelle für eine Typ B LMU 143 verwendet wird, weitergeleitet. Die Funktionalitäten des SMLC 112 und des GMLC 124 können in dem selben physikalischen Knoten, in existierenden physikalischen Knoten kombiniert werden, oder in verschiedenen Knoten bleiben.

Für Standortservices kann, wenn ein Zellen-Sendezentrum (CBC) 150 mit einer BSC 110 verknüpft ist, das SMLC 112 mit einem CBC 150 verbunden werden, um Unterstützungsdaten zu senden, wobei existierende Zellen-Sendekapazitäten verwendet werden. Das SMLC 112 soll sich gegenüber dem CBC 150 wie ein Benutzer, einer Zellen-Sendeperson, verhalten. Die herkömmliche Operation des CBC 150 wird im GSM Standard 03.41 beschrieben. Des weiteren kann die MS 104 in die verschiedenen Positionsprozeduren mit einbezogen werden.

Eine LMU 142, 143 vollzieht Funkmessungen, um eine oder mehrere Positionsbestimmungsverfahren zu unterstützen. Diese Messungen fallen in eine von zwei Kategorien: Positionsmessungen, spezifisch für eine MS 104, verwendet, um den Standort dieser MS 104 zu berechnen, und Unterstützungsmessungen, spezifisch für alle MSs 104 in einem bestimmten Gebiet. Alle Positions- und Unterstützungsmessungen, die von einer LMU 142, 143 erhalten werden, werden einem bestimmten SMLC 112 geliefert, das mit der LMU 142, 143 verknüpft ist. Anweisungen bezüglich Zeitpunkt, Natur und Periodizität dieser Messungen werden entweder vom SMLC 112 geliefert oder in der LMU 142, 143 vorverwaltet. Es gibt zwei Arten von LMU, eine Typ A LMU 142 ist eine LMU, die über die herkömmliche GSM-Luftschnittstelle Um 144 angesprochen wird, und eine Typ B LMU 143 ist eine LMU, die über die Abis-Schnittstelle 145 angesprochen wird.

Das MSC 122 enthält Funktionalität zur Autorisierung eines Abonnements für eine mobile Station und zur Verwaltung rufbezogener und nicht-rufbezogener Positionsbestimmungsanfragen des GSM LCS. Das MSC kann vom GMLC 124 über die Lg-Schnittstelle 136 angesprochen werden.

Das HLR 132 enthält LCS Abonnementdaten und Routinginformation. Das HLR 132 kann vom GMLC 124 über die Lh-Schnittstelle 134 angesprochen werden. Bei wandernden MSs 104 kann die HLR 132, die sich auf diese mobile Station bezieht, in einer anderen PLMN 126 sein als die gegenwärtige SMLC 112.

Das gsmSCF 152 ist Teil der PLMN. Die Lc-Schnittstelle 154 unterstützt den Zugriff von CAMEL ("kundenspezifische Anwendungen für verbesserte mobile Netzwerklogik") auf LCS und kann nur für CAMEL Phase Drei eingesetzt werden. Die damit zusammenhängenden Prozeduren und Signale werden in den GSM Standards 03.78 und 09.02 definiert.

Die LCS-Architektur soll ein hohes Maß an Flexibilität liefern, wobei jedes physikalische SMLC 112 mehrere Lb-Schnittstellen 138 unterstützen kann (z. B. indem es einem BSS-basierenden SMLC 112 ermöglicht wird, mehrere BSCs 110 zu bedienen) und wobei eine Mischung verschiedener SMLC 112 Typen ein einzelnes Netzwerk oder ein einzelnes MSC-Gebiet bedienen kann. Natürlich kann auch eine Mischung verschiedener SMLC 112 Typen ein einzelnes Netzwerk oder ein einzelnes MSC-Gebiet bedienen.

Die Systemarchitektur in Fig. 1 und 2 ist eine BSS-Architektur. Obgleich die bevorzugte Ausführungsform anhand einer BSS-Architektur beschrieben wird, kann das "Assisted GPS"-Protokoll der gegenwärtigen Erfindung in vielen anderen Systemarchitekturen aktiviert werden. Eine Architektur, eine Netzwerksystem-Subsystem (NSS)-Architektur wird unten mit Bezugsname auf eine andere Ausführungsform der gegenwärtigen Erfindung beschrieben.

Das Flussdiagramm in Fig. 3 zeigt die Sequenzierung der Berechnungen und Vorgänge, die im SMLC auftreten. Der Prozess beginnt mit dem Erhalt der differentiellen Korrekturdaten 300 von DGPS-Referenzempfänger: Um die Korrekturdaten mit nomineller Ausgaberate (z. B. 0,1–1,0 Hz) zu übersenden, wird eine serielle Verbindung verwendet. Vorzugsweise, gemäß der gegenwärtigen Erfindung, werden die Korrekturdaten, die vom DGPS-Referenzempfänger erzeugt werden, für alle ephemeridische Datensätze abgeleitet (wie es vom "Issue Of Data Ephemeris" (IODE)-Wort, das sich bei jedem einzelnen ephemeridischen Satz befindet, verlangt wird). Alternativ kann das SMLC die notwendigen Berechnungen selbst durchführen, wenn die Korrekturen nur für eine einzelne IODE berechnet wurden. In Schritt 302 findet ein Test des gegenwärtigen DGPS-Nachrichtenmodus statt: Steht der Modus auf Funkübertragung, wird die DGPS-Funkübertragungsnachricht 304 erzeugt, und wenn vom SMLC entschieden wird, dass der Zeitpunkt zur Übersendung dieser Nachricht 306 gegeben ist, wird die Nachricht auf die Trägerfrequenz 308 der Zellen aufmoduliert, um gegebenenfalls in das Sendegebiet des Netzwerks ausgesendet zu werden. Wenn andernfalls eine DGPS Punkt-zu-Punkt-Nachrichtenanfrage erhalten wurde 316, wird diese Nachricht erzeugt 318 und auf die Trägerfrequenz der Zellen aufmoduliert, um gegebenenfalls zum Handgerät, das die Anfrage sendete, gesendet zu werden. Genauso wird, wenn eine Anfrage nach einer ephemeridischen "Punkt-zu-Punkt"-Nachricht erhalten wurde 322, wird diese Nachricht erzeugt 324 und auf die Trägerfrequenz 326 der Zellen aufmoduliert, um gegebenenfalls zum Handgerät, das die Anfrage nach den ephemeridischen Daten sendete, gesendet zu werden. Schließlich wird, wenn der ephemeridische Nachrichtenmodus auf

Übertragung 328 steht, die Nachricht eingebaut 330, und es wird getestet, ob der Zeitpunkt für ihre Versendung gekommen ist 332. Ist der Zeitpunkt für ihre Versendung gekommen, wird die Nachricht auf die Trägerfrequenz 334 der Zellen aufmoduliert, um gegebenenfalls in das Sendegebiet des Netzwerks ausgesendet zu werden. Unten wird eine detaillierte Beschreibung aller Übertragungs- und Punkt-zu-Punkt-Nachrichten, die mit der gegenwärtigen Erfindung zusammenhängen, gegeben.

Fig. 4 zeigt die Protokollebenen, die verwendet werden, um die Übertragung von Protokollen zwischen einem SMLC 112 und einer Ziel-MS (mobile Station) 104 mit einem BSS-basierenden SMLC 112 zu unterstützen. Details bezüglich Übertragung zwischen SMLC 112, MSC 122 und BSC 110 werden in dieser Beschreibung nicht berücksichtigt.

Viele der in Fig. 4 beschriebenen Protokolle, sind typisch für ein konventionelles GSM-Zellensystem und werden im GSM-Standard 01.04 erwähnt. Diese für die Standortservices (LCS) neuen Protokolle werden folgendermaßen definiert: RR steht für Funkresource; RRLP steht für ein RR LCS-Protokoll an eine Ziel-MS; Um ist die Luftschnittstelle an eine LMU; BSSAP-LE steht für "Basisstationssystemanwendung Part-LCS Erweiterung"; BSSLAP steht für "Basisstationssystem LCS Assistenzprotokoll"; und Lb 138 steht für eine Schnittstelle zwischen SMLC und BSC.

Fig. 5 zeigt ein Datenflussdiagramm einer Mobilstation, die eine Standortanfrage erzeugt, als Punkt-zu-Punkt Nachricht an das "Assisted GPS"-Funktelefonsystem aus Fig. 1, gemäß der bevorzugten Ausführungsform der gegenwärtigen Erfindung. Der beschriebene Datenfluss ermöglicht es einer mobilen Station (MS), entweder ihren eigenen Standort, ihre Standortassistenzen oder die Schlüssel der Übertragungsassistenzen-Nachricht vom Netzwerk anzufordern. Die Standortassistenzen können dann von der MS verwendet werden, um ihren eigenen Standort während eines gewissen Intervalls zu berechnen, wobei ein mobiles Positionsbestimmungsverfahren angewendet wird. Der Schlüssel ermöglicht es der MS, andere Standortassistenzen, die periodisch vom Netzwerk gesendet werden, zu entschlüsseln. Die MO-LR (mobile Erzeugung einer Standortanfrage) kann verwendet werden, nachdem ein Standortupdate angefragt wurde, um die Schlüssel oder die GPS-Assistenzdaten anzufragen, indem der Prozedur, die im GSM-Standard 04.08 beschrieben wird, gefolgt wird. Auch kann dieses Verfahren dazu verwendet werden, um es einer MS zu ermöglichen, anzufordern, dass ihr eigener Standort an einen anderen LCS-Klienten gesendet wird. Die 16 in Fig. 5 gezeigten Schritte werden bis auf Schritt 8 detailliert im GSM-Standard 03.71 beschrieben und sind dem Fachmann wohlbekannt.

Gemäß der gegenwärtigen Erfindung wird der Hauptdatenfluss, der sich auf "Assisted GPS" bezieht, in Schritt 8 angezeigt. Dieser Signalfuss ist normal für alle MS-basierende Standortbestimmungsverfahren, wie handgerätebasierendes GPS und von Handgeräten assistiertes GPS. In Nachricht 428 bestimmt das SMLC Assistenzdaten und sendet sie in der RRLP ASSISTANCE DATA-Nachricht an den BSC. Als Antwort darauf leitet der BSC in Nachricht 430 die Assistenzdaten an die MS in einer RRLP ASSISTANCE DATA-Nachricht weiter. Wenn die Assistenzdaten nicht zu einer Nachricht passen, können die Nachrichten 428 und 430 wiederholt werden. In Nachricht 432 bestätigt die MS den Empfang der gesamten Assistenzdaten an den BSC mit einer RRLP ASSISTANCE DATA-Bestätigung (Ack). Der BSC leitet die RRLP ASSISTANCE DATA ACK-Nachricht an das SMLC als Nachricht 434 weiter.

Neben dem Assistenzdatenfluss, der oben beschrieben wird, ist auch der Positionsbestimmungsprozedur-Fluss in Schritt 8 abgebildet. Der Positionsbestimmungsprozedur-Fluss beinhaltet die Bestimmung möglicher Assistenzdaten durch das SMLC und die Übersendung der Anfrage RRLP MESSE POSITION an den BSC 428, eingeschlossen QoS und aller Assistenzdaten an die MS in der Anfrage RRLP MESSE POSITION 430. Vorausgesetzt, dass die MS die Option "Standortdatenschutz" nicht aktiviert hat, oder sie ist aktiviert, wird aber ignoriert, um die Standortposition bei einem Notruf festzustellen, führt die MS die angeforderten GPS-Messungen aus. Wenn die MS fähig ist, und das ist die Voraussetzung, ihren eigenen Standort zu berechnen, berechnet die MS eine GPS-Standortschätzung. Die für diese Operation benötigten Daten werden entweder in der Anfrage RRLP MESSE POSITION oder von Funkstationen bereitgestellt. Die resultierenden GPS-Messungen oder GPS-Standortschätzungen werden an den BSC in Form einer Antwort RRLP MESSE POSITION 432 zurückgegeben. Wenn die MS die notwendigen Messungen nicht tätigen konnte, oder den Standort nicht berechnen konnte, wird statt dessen eine Fehlermeldung zurückgegeben. Der BSC sendet Messresultate in der Antwort MESSE POSITION innerhalb einer LCS Informations-Reportnachricht an das SMLC 343.

Fig. 6 zeigt ein Datenflussdiagramm einer Mobilstation, die die Standortanfrage beendet, in Form einer Punkt-zu-Punkt-Nachricht in einem "Assisted GPS"-System, gemäß der bevorzugten Ausführungsform der gegenwärtigen Erfindung. Diese Nachricht ermöglicht es einem externen LCS-Klient, wie beispielsweise einem Notfallservice (Ambulanz oder Feuerwehr), den gegenwärtigen Standort der entsprechenden Mobilstation anzufragen. Dieser Vorgang wird "mobile Terminierung der Standortanfrage" genannt (MT-LR) und eine detaillierte Diskussion der 16 Schritte, bis auf Schritt 11, ist im GSM-Standard 03.71 zu finden. Wenn der externe LCS-Klient der Nordamerikanische Notfallservice ist, wird ein NAES MT-LR definiert, um nur die Schritte 1, 4, 8, 12, 15, 16 und, gemäß der bevorzugten Ausführungsform der gegenwärtigen Erfindung, Schritt 11 einzufügen.

In Schritt 11 wird der "Assisted GPS"-Positionierungs- und Datenfluss gemäß der gegenwärtigen Erfindung angezeigt. Dieser Signalfuss ist auf alle MS-basierenden Positionsbestimmungsverfahren anwendbar, handgerätebasierendes und handgeräteassistiertes GPS eingeschlossen. Der Zulieferfluss der Assistenzdaten mit einer BSS-basierenden SMLC, gezeigt in den Schritten 436, 438, 440, 442, ist derselbe, wie in den vier Schritten von Schritt 8 in Fig. 5 (d. h. Schritte 428, 430, 432 und 434). Genauso besitzt der Fluss zwei Aspekte, Assistenzdatenfluss und Positionsbestimmungsprozedurfluss, und der Positionsbestimmungsprozedurfluss in Schritt 11 ist derselbe wie Schritt 8 in Fig. 5.

Fig. 7 zeigt den bevorzugten Datenfluss einer GPS Übertragungsnachricht im "Assisted GPS"-System der gegenwärtigen Erfindung. Diese Benachrichtigung über Funk, wie in Fig. 7 gezeigt, ist auch bekannt als Punkt-zu-Mehrpunkt-Assistenzdatenübertragung und der Signalfuss in Fig. 7 ist anwendbar auf alle MS-basierenden Positionsbestimmungsverfahren, wie auch die Verfahren in den Fig. 5 und 6, handgerätebasierendes und handgeräteassistiertes GPS eingeschlossen.

Die GPS-Assistenzdaten-Übertragungsnachricht wird in der SMLC erzeugt und die gesamte Nachricht wird, zusammen mit den verschlüsselten Teilen und den Parametern, die den Transfer überwachen, vom SMLC zur MS transferiert. Gemäß der bevorzugten Ausführungsform der gegenwärtigen Erfindung wird für die LCS-Assistenzdatenübertragung der "Short Message Service Cell Broadcast" (SMSCB) "Discontinuous Receive" (DRX)-Service verwendet. Vor Emp-

fang der ersten Verzeichnismeldung sollte die MS den ersten Block jedes Nachrichtenloses lesen, um die LCS-Übertragungsdaten oder die Verzeichnismeldung empfangen zu können. Nach Erhalt der Verzeichnismeldung sollte die MS die LCS-Übertragungsdatennachrichten gemäß der Verzeichnisinformation erhalten.

Das SMLC sendet dann die vollständige Übertragungsnachricht 450 zusammen mit der LCS-Übertragungsnachricht an das CBC. Diese LCS-Übertragungsdatennachricht enthält die Daten, die übertragen werden sollen, und die Parameter, die anzeigen, an welche BTS die Übertragungsnachricht gerichtet ist und zu welchem Zeitpunkt die Übertragung stattfinden soll. Die LCS-Übertragungsdatennachricht kann auch die SMSCB-Verzeichnisinformation enthalten, die an die MS übertragen wird, so dass die MS die SMSCB DRX-Einrichtung, die in der Spezifizierung des GSM-Standards 04.12. spezifiziert wird, verwenden kann. Die SMSCB DRX-Verwendung ist notwendig, damit die Leistung der MS optimiert werden kann.

Als nächstes beginnt das CBC mit dem Nachrichtentransfer an den BSC und die BTS, gemäß GSM 03.41, wie in Nachrichten 452 gezeigt. Dann wird eine LCS-Übertragungsdaten-Antwortnachricht 454 vom CBC zur SMLC verwendet, um anzuzeigen, dass die LCS-Übertragungsdaten geliefert wurden und der Anfrage nachgekommen wurde. Diese Nachricht ist nicht zwingend. Dann beginnt die BTS den Nachrichtentransfer 456 zur MS, gemäß GSM-Standard 03.41. Andere Implementierungen, die eine SMLC und/oder ein CBC, integriert in ein BSC, besitzen, mögen andere Arten der Nachricht-Signalgebung verwenden.

In Fig. 8 wird ein Blockschaltbild einer kabellosen Kommunikationsanordnung gezeigt, wie zum Beispiel ein Funkzellulartelefon, das "Assisted GPS" verwendet und die gegenwärtige Erfindung enthält. In der bevorzugten Ausführungsform wirken ein Rahmengeneratorblock 501 und ein Mikroprozessor 503 zusammen, um das für die Anwendung von "Assisted GPS"-Positionsbestimmung in einem zellenförmigen System notwendige Kommunikationsprotokoll zu erzeugen. Der Mikroprozessor 503 verwendet Speicher 504, der RAM 505, EEPROM 507 und ROM 509 beinhaltet, vorzugsweise in einem Paket 511 vereinigt, um die für die Erzeugung des Übertragungsprotokolls notwendigen Schritte auszuführen und das erhaltene Protokoll zu bearbeiten. Des Weiteren führt der Mikroprozessor 503 andere Funktionen für die drahtlose Kommunikationsanordnung aus, wie zum Beispiel das Schreiben auf ein Display 513, die Entgegennahme von Information von einer Tastatur 515, die Entgegennahme von Eingangs-/Ausgangsinformation durch eine Anschlussstelle 516, die Kontrolle eines Frequenzsynthesizers 525, die Ausführung der zur Signalverstärkung und zum Erhalt von Tonsignalen von einem Mikrofon und zur Bereitstellung von Tonsignalen für einen Lautsprecher notwendigen Schritte. Gemäß der bevorzugten Ausführungsform der gegenwärtigen Erfindung kontrolliert der Mikroprozessor die Funktionen des GPS-Schaltkreises 550 und berechnet die Position des kabellosen Kommunikationsgeräts.

Ein Transmitter 523 sendet über eine Antenne 529 unter Verwendung von Trägerfrequenzen, die vom Frequenzsynthesizer 525 erzeugt werden, Information, die von der Antenne 529 des Kommunikationsgeräts empfangen wird, gelangt zum Empfänger 527, der die Symbole unter Verwendung der Trägerfrequenzen des Frequenzsynthesizers 525 demoduliert. Der Mikroprozessor 503 kann optional eine digitale Signalprozessoreinheit beinhalten, um digitale kabellose Wellenformen, wie beispielsweise CDMA- oder TDMA-Wellenformen, zu prozessieren.

Der GPS-Empfänger 550, der in das kabellose Kommunikationsgerät integriert ist, kann der konventionellen autonomen Empfänger-Designklasse oder der "Assisted GPS"-Empfänger-Designklasse angehören. Ein Beispiel solch eines autonomen GPS-Empfängers wird im US-Patent Nummer 5 148 452 von Kennedy und King beschrieben. Ein Beispiel für einen GPS-Empfänger vom "assisted"-Typ wird im US-Patent Nummer 5 663 734 von Krasner bereit gestellt. Das konventionelle GPS-Design arbeitet in einer autonomen Mode, in der alle Daten zur Positionsbestimmung, die zur Ausführung von Satelliten-basierenden Positionsrechnungen notwendig sind, direkt von den GPS-Satelliten über Antenne 532 geliefert werden. Das "Assisted GPS"-Empfängerdesign erhält einige oder alle notwendigen Satelliten-Positionsbestimmungsparameter über die Kommunikationsantenne 529, wie gemäß der gegenwärtigen Erfindung in Fig. 1 bis 7 beschrieben.

Gemäß der gegenwärtigen Erfindung wird die Assistenzinformation von einem zellenförmigen Infrastrukturnetzwerk entwickelt und zum kabellosen Kommunikationsgerät in Form eines einzigartigen Nachrichtenprotokolls gesendet, das einige oder alle Datenparameter liefert, die zur schnellen Positionsbestimmung wie oben beschrieben notwendig sind. Zur Beschleunigung der Erlangung der Positionsdaten kommt hinzu, dass die an das kabellose Kommunikationsgerät gelieferte Assistenzinformation auch den Empfang der GPS-Signale in, auf den Signalempfang bezogen, schwierigen Umgebungen, wie zum Beispiel besiedelte Täler oder innerhalb von Gebäuden, verbessern kann, wie in US-Patent Nummer 5 663 734 beschrieben.

Die Elemente eines "Assisted GPS"-Empfängers, die in ein kabelloses Kommunikationsgerät integriert sind, bestehen aus einer GPS-Antenne 532 zum Empfang der von den GPS-Satelliten übertragenen Daten. Ein GPS-Abwärts-Konverter 534 übersetzt die GPS-Zentralfrequenz von 1575.42 MHz in eine niedrigere Zwischen- oder Null-IF-Frequenz 546. Die Zwischen- oder Null-IF-Frequenz wird mit einem analog-digital-Konverter 536 digitalisiert, der periodische Proben des Zwischen- oder Null-IF-Frequenzsignals auf Anweisung eines Zeitgenerators 538 erstellt. Die Ausgabe des analog-digital-Konverters 536 wird an einen Basisband-Prozessorkorrelator 540 geliefert. Der Basisband-Prozessorkorrelator 540 führt Prozessierungsfunktionen von digitalen Signalen mit. Signal 548 aus, um die Ankunftszeit mehrerer GPS-Satellitensignale, die gleichzeitig bei Antenne 532 ankommen, zu bestimmen. Die Messung der Ankunftszeit der GPS-Signale ist in der Kodierungsphase jedes einzelnen empfangenen GPS-Satelliten-Verteilungskodes verschlüsselt, wie auch die mit 50 Bit pro Sekunde vollzogene Datenmodulation, die über den Satelliten-Verteilungskodes liegt.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird der kabellose Kommunikationsgeräte-Funkreferenzfrequenzgenerator/Synthesizer 525 mittels Signal 542 als Basis der Referenzfrequenz für den GPS-Abwärtskonverter 534 verwendet. In vielen kabellosen Funkkommunikationsgeräten wird kontrolliert, dass der Funkreferenzfrequenzsynthesizer 525 synchron ist mit der Trägerfrequenz der Infrastrukturbasisstation, die bei Antenne 529 ankommt, und die in der Frequenz stabiler ist, als typische billige Handgeräte-Referenzfrequenzgeneratoren, wie kristalline Oszillatoren. Indem die infrastrukturkontrollierte Frequenz als Basis für den GPS-Abwärtskonverter verwendet wird, kann die hohe Frequenzstabilität des Infrastruktur-Basisstationsträgers verwendet werden, um das Intervall, in dem nach der Dopplerfrequenz der GPS-Satellitensignale gesucht wird, zu verkleinern.



Das Synthesizer-Referenzzeitsignal **542** wird vom Zeitgenerator **538** auch skaliert, um eine Probe des Zeitsignals vom analog-digital-Konverter **536** zu erzeugen und, optional, um das Zeitsignal zu erzeugen, um den GPS-Basisband-Prozessorkorrelator **540** zu fahren.

Fig. 9, 10, 11 und 12 beziehen sich auf die Operation Erfindung. Fig. 9 zeigt die Kombination eines ephemeridischen "Punkt-zu-Punkt"-Protokolls und eines differenziellen "Punkt-zu-Punkt"-Protokolls, während Fig. 10 zeigt die Kombination eines ephemeridischen "Punkt-zu-Punkt"-Protokolls mit einem differenziellen "Übertragungs"-Protokoll. Fig. 11 zeigt die Kombination eines ephemeridischen "Übertragungs"-Protokolls mit einem differenziellen "Punkt-zu-Punkt"-Protokoll, und Fig. 12 zeigt schließlich die Kombination eines differenziellen "Übertragungs"-Protokolls mit einem ephemeridischen "Übertragungs"-Protokoll.

Fig. 9 zeigt die erste Protokollkombination der gegenwärtigen Erfindung, die Abfolge der Vorgänge innerhalb des Handgeräts startet mit der Akquisition der GPS-Satellitensignale. Der Prozess der Akquisition der GPS-Satellitensignale wird von Assistenzdaten geleitet, die von der zellenförmigen Infrastruktur in Schritt **600** übertragen werden: diese Daten erlauben es, die Doppler- und Kodierungsphasen-Suchfenster innerhalb des GPS-Empfänger-Akquisitionsprozesses zu verkleinern, und so die Akquisition der erhältlichen GPS-Signale signifikant zu beschleunigen. Es sei darauf hingewiesen, dass dieser Schritt auf alle Protokoll-Kombinationen zutrifft. Wenn die Akquisitionsassistenzdaten erhalten wurden, können Pseudo-Abstand (PR)-Messungen für die GPS-Signale von ausreichender Signalstärke in **602** bestimmt werden. Demzufolge findet ein Test **604** statt, um zu bestimmen, ob ausreichend PRs zu Verfügung stehen, um eine Fix-Position zu unterstützen: im Allgemeinen werden vier Satelliten benötigt, um ein Fix zu berechnen; allerdings können drei Satelliten ausreichen, wenn die Höhe abgeschätzt werden kann oder von der Infrastruktur des mobilen Handgeräts geliefert werden kann. Wenn genügend Satelliten zur Verfügung stehen, werden die zur Verfügung stehenden ephemeridischen Daten gesammelt und untersucht **606**, und die resultierende Fix-Genauigkeit in Schritt **608** berechnet. Wenn die vorhergesagte Genauigkeit ausreicht, können in **616** passende differentielle Korrekturdaten angefordert werden. Wenn die Genauigkeit nicht ausreicht, wird festgestellt, welche ephemeridische Daten von welchen Satelliten verbessert werden müssen **612**, und in **614** wird angefragt, die Ephemeriden für eben diese Satelliten auf den neuesten Stand zu bringen. Die angeforderten DGPS-Korrekturdaten **616** sind spezifisch für die IODE jeder Ephemeride. Nach Empfang der Korrekturdaten werden die Korrekturen auf die gegenwärtige Zeit abgestimmt **618**, und dann auf die gemessenen PRs aufgebracht **620**.

Residuen werden zwischen den PRs und dem vorhergesagten Abstand zu jedem Satelliten geformt (berechnet unter Verwendung der ephemeridischen Daten und vorhergegangene Positionsschätzungen) **622**, und verwendet, um die Positionsschätzung zu erneuern oder um eine Fix-Position zu berechnen **624**. Unter Verwendung dieser Protokoll-Kombination bleibt die Kontrolle des Datentransfers für die Positionsrechnungen jedes Handgeräts im Handgerät selbst. Solch ein Protokoll minimiert demzufolge den Datentransfer innerhalb des zellenförmigen Netzwerks, da jeder Transfer vom Handgerät initiiert wird, wenn Notwendigkeit besteht.

Fig. 10 zeigt die zweite Protokoll-Kombination der gegenwärtigen Erfindung, die Abfolge der Vorgänge innerhalb des Handgeräts beginnt mit der Akquisition der GPS-Satellitensignale. Der GPS-Signalakquisitions-Prozess wird von den Assistenzdaten geleitet, die der zellulären Infrastruktur in **628** übertragen werden: diese Daten ermöglichen eine Verkleinerung der Doppler- und Kodephasen-Suchfenster beim Empfänger-Akquisitionsprozess, und beschleunigt damit die Akquisition der zur Verfügung stehenden GPS-Signale erheblich. Wenn die Akquisitions-Assistenzdaten erhalten wurden, können in **630** Pseudo-Abstand (PR)-Messungen aus GPS-Signalen ausreichender Signalstärke abgeleitet werden. Demnach wird getestet **630**, ob ausreichend PRs zur Verfügung stehen, um die Fix-Position zu unterstützen: im Allgemeinen werden vier Satelliten benötigt, um ein Fix zu berechnen; allerdings können auch drei Satelliten ausreichen, wenn die Höhe gefolgert werden kann oder von einer örtlichen Datenbasis für das mobile Handgerät geliefert werden kann. Wenn genügend Satelliten zur Verfügung stehen, werden die zur Verfügung stehenden ephemeridischen Daten gesammelt und untersucht **632**, und die resultierende Fix-Genauigkeit in Schritt **634** berechnet. Wenn die vorhergesagte Genauigkeit ausreicht, können in Schritt **642** passende differentielle Korrekturdaten gesammelt werden. Wenn die Genauigkeit nicht ausreicht, wird festgestellt, welche ephemeridische Daten von welchen Satelliten verbessert werden müssen **638**, und in **640** wird angefragt, die Ephemeriden für eben diese Satelliten auf den neuesten Stand zu bringen. In Schritt **642** werden die DGPS-Übertragungsdaten gesammelt, und dann auf die gegenwärtige Zeit abgestimmt **644**. In **646** werden die Korrekturen angepasst, basierend auf die ephemeridischen Alter, es sei darauf hingewiesen, dass die Übertragungsnachrichten Korrekturen für alle IODE-Werte beinhalten. Die propagierten und angeglichenen Korrekturen werden dann auf die gemessenen PRs angewendet **648**. Residuen werden zwischen den PRs und dem vorhergesagten Abstand zu jedem Satelliten geformt (berechnet unter Verwendung der ephemeridischen Daten und vorhergegangene Positionsschätzungen) **650**, und verwendet, um die Positionsschätzung zu erneuern oder um eine Fix-Position zu berechnen **652**. Unter Verwendung dieser Protokoll-Kombination bleibt die Kontrolle des Datentransfers für die Positionsrechnungen jedes Handgeräts im Handgerät selbst. Solch ein Protokoll minimiert demzufolge den Datentransfer bezüglich der ephemeridischen Verteilung innerhalb des zellenförmigen Netzwerks, da jeder Transfer vom Handgerät initiiert wird, wenn Notwendigkeit besteht. Allerdings wird die Verwendung eines DGPS-"Übertragungs"-Modus den Datenfluss für die DGPS-Datenverteilung gegenüber der ersten Protokoll-Kombination, die in Fig. 9 beschrieben wurde, vergrößern. Diese Vergrößerung geht Hand in Hand mit einer Vereinfachung der Logik zur Bestimmung innerhalb der Infrastruktur, wann die DGPS-Korrekturen verteilt werden müssen, da sie einfach mit einer festen Rate übertragen werden (z. B. typischer Weise alle 30 Sekunden).

In Fig. 11, die die dritte Protokoll-Kombination der gegenwärtigen Erfindung zeigt, startet die Abfolge der Ereignisse innerhalb des Handgeräts mit der Akquisition der GPS-Satellitensignale. Der GPS-Signalakquisitions-Prozess wird von den Assistenzdaten geleitet, die von der zellenförmigen Infrastruktur in **654** übertragen werden: diese Daten ermöglichen eine Verkleinerung der Doppler- und Kodephasen-Suchfenster beim Empfänger-Akquisitionsprozess, und beschleunigt damit die Akquisition der zur Verfügung stehenden GPS-Signale erheblich. Wenn die Akquisitions-Assistenzdaten erhalten wurden, können in **656** Pseudo-Abstand (PR)-Messungen aus GPS-Signalen ausreichender Signalstärke abgeleitet werden. Demnach wird getestet **658**, ob ausreichend PRs zur Verfügung stehen, um die Fix-Position zu unterstützen: im

Allgemeinen werden vier Satelliten benötigt, um ein Fix zu berechnen; allerdings können auch drei Satelliten ausreichen, wenn die Höhe gefolgert werden kann oder von einer örtlichen Datenbasis für das mobile Handgerät geliefert werden kann. Wenn genügend Satelliten zur Verfügung stehen, werden die zur Verfügung stehenden ephemeridischen Daten gesammelt und in Schritt 660 untersucht. Es werden die neuesten ephemeridischen Übertragungsdaten gesammelt, und dann verwendet, um die Satellitenpositionen unter Verwendung der Interpolation in 662 zu berechnen. Die angeforderten DGPS-Korrekturdaten 664 sind spezifisch für die IODE für jede Ephemeride. Nach Empfang der Korrekturdaten werden die Korrekturen als erstes auf die gegenwärtige Zeit abgestimmt 666, dann auf die gemessenen PRs angewendet 668. Residuen werden zwischen den PRs und dem vorhergesagten Abstand zu jedem Satelliten geformt (berechnet unter Verwendung der ephemeridischen Daten und vorhergegangene Positionsschätzungen) 650, und verwendet, um die Positionsschätzung zu erneuern oder um eine Fix-Position zu berechnen 652. Unter Verwendung dieser Protokoll-Kombination bleibt die Kontrolle des Datentransfers für die Positionsrechnungen jedes Handgeräts im Handgerät selbst. Solch ein Protokoll minimiert demzufolge den Datentransfer innerhalb des zellenförmigen Netzwerks, da jeder Transfer vom Handgerät initiiert wird, wenn Notwendigkeit besteht. Allerdings wird die Verwendung eines ephemeridischen "Übertragungs"-Modus den Datenfluss für die ephemeridische Datenverteilung gegenüber der ersten Protokoll-Kombination, die in Fig. 9 beschrieben wurde, vergrößern. Diese Vergrößerung geht Hand in Hand mit einer Vereinfachung der Logik zur Bestimmung innerhalb der Infrastruktur, wann die ephemeridischen Daten verteilt werden müssen, da sie einfach mit einer festen Rate übertragen werden (z. B. typischer Weise alle 30 Minuten).

In Fig. 12, die die vierte Protokoll-Kombination der gegenwärtigen Erfindung zeigt, startet die Abfolge der Ereignisse innerhalb des Handgeräts mit der Akquisition der GPS-Satellitensignalen. Der GPS-Signalakquisitions-Prozess wird von den Assistenzdaten geleitet, die von der zellenförmigen Infrastruktur in 674 übertragen werden: diese Daten ermöglichen eine Verkleinerung der Doppler- und Kodephasen-Suchfenster beim Empfänger-Akquisitionsprozess, und beschleunigt damit die Akquisition der zur Verfügung stehenden GPS-Signale erheblich. Wenn die Akquisitions-Assistenzdaten erhalten wurden, können in 676 Pseudo-Abstand (PR)-Messungen aus GPS-Signalen ausreichender Signalstärke abgeleitet werden. Demnach wird getestet 678, ob ausreichend PRs zur Verfügung stehen, um die Fix-Position zu unterstützen: im Allgemeinen werden vier Satelliten benötigt, um ein Fix zu berechnen; allerdings können auch drei Satelliten ausreichen, wenn die Höhe gefolgert werden kann oder von einer örtlichen Datenbasis für das mobile Handgerät geliefert werden kann. Wenn genügend Satelliten zur Verfügung stehen, werden die zur Verfügung stehenden ephemeridischen Daten gesammelt und in Schritt 680 untersucht. Es werden die neuesten ephemeridischen Übertragungsdaten gesammelt, und dann verwendet, um die Satellitenpositionen unter Verwendung der Interpolation in 682 zu berechnen.

In Schritt 684 werden die DGPS-Übertragungsdaten gesammelt und dann in 686 auf die gegenwärtige Zeit abgestimmt. In 688 müssen die Korrekturen angepasst werden, basierend auf die ephemeridische Alter; zu beachten ist, dass die Übertragungsnachricht Korrekturen für alle möglichen IODE-Werte beinhaltet. Die angepassten Korrekturen werden dann auf die gemessenen PRs angewendet 690. Residuen werden zwischen den gemessenen PRs und den vorhergesagten Abständen zu jedem Satelliten (abgeleitet unter Verwendung der ephemeridischen Daten und einer vorherigen Positionsschätzung) geformt 692, und verwendet, um die Positionsschätzung zu erneuern, oder um ein Positions-Fix zu berechnen 694. Unter Verwendung dieser Protokoll-Kombination bleibt die Kontrolle des Datentransfers ephemeridischer und DGPS-Korrekturdaten für jede Handgerätepositionsberechnung innerhalb des Netzwerks. Daher wird ein solches Protokoll die Logik, die mit der Datenverteilung vom Netzwerk verbunden ist, auf Kosten von zusätzlichem Netzwerkverkehr, im Vergleich zu "Punkt-zu-Punkt"-Strategien minimalisieren.

Ein signifikanter Vorteil der gegenwärtigen Erfindung liegt in der reduzierten Bitrate, die mit der Punkt-zu-Punkt-Übertragung in Zusammenhang steht (siehe Tabelle 1 oben und Tabelle 6 unten). Die Vorhersagen der durchschnittlichen Update rate, die in der letzten Spalte in Tabelle 1 für diesen netzwerkzentrierten Ansatz auftreten, können mit den entsprechenden Vorhersagen für den handgerätszentrierten Ansatz der gegenwärtigen Erfindung in Tabelle 6 verglichen werden. Dieser Vergleich hebt die Verringerung des Netzwerkverkehrs, die durch Verwendung der vorgeschlagenen Erfindung bewerkstelligt wurde, hervor. Diese Verringerung ist möglich, weil die Punkt-zu-Punkt- und differenziellen Übertragungsnachrichten (definiert in Tabellen 3 und 4 unten) die Fehler in Zusammenhang mit alternenden ephemeridischen Daten absorbieren können. Dies rührt von der sehr kleinen "räumlichen Dekorrelation" des ephemeridischen Fehlers her, der analytisch in den folgenden Paragraphen abgeleitet wird.

Die relative Geometrie für eine differenzielle GPS-Referenzstation (in der Figur DGPS RS genannt) und für ein mobiles Handgerät (MS genannt) wird in Fig. 13 dargestellt und kann verwendet werden, um die räumliche Dekorrelation bezüglich des ephemeridischen Fehlers zu bestimmen. Aufgrund der sehr großen räumlichen Abstände zu den GPS-Satelliten kann der Winkel  $\Phi$  in der Figur wie folgt angenähert werden:

$$\Phi = d/R \quad (1)$$

Worin:  $\Phi$  ist der Winkel zwischen den Vektoren der Sichtlinie;  
d ist die Distanz zwischen dem Mobilgerät und der differenziellen Referenzstation;  
und R ist der Abstand zum GPS-Satellit.

Offensichtlicher Weise korrespondieren große Werte von  $\Phi$  mit einem großen Abstand zwischen dem Mobilgerät und der Referenzstation, und damit mit einer größeren räumlichen Dekorrelation: wählt man als maximalen Wert für d 100 km und als minimalen Wert für R drei Erdradien (entsprechend einem Satelliten, der sich direkt über dem Gebiet befindet), erhält man einen maximalen Wert für  $\Phi$  von 0,005 Rad. Die Komponenten des ephemeridischen Fehlers in der Figurenebene sind  $dp_r$  (für die radiale Komponente) und  $dp_c$  (für die crossradiale Komponente in der Figurenebene). Die übrige Komponente des ephemeridischen Fehlers (senkrecht zur Figurenebene) wirkt sich auf die räumliche Dekorrelation nicht aus.

Die räumliche Dekorrelation resultiert aus den Differenzen zwischen der Sichtlinie ("Line Of Sight, LOS) von der Referenzstation zum Satelliten und dem Mobilgerät: für die radiale Fehlerkomponente ist der räumliche Dekorrelations-Skalierungsfaktor  $(1 - \cos\Phi)$ ; für die crossradiale Komponente ist der Skalierungsfaktor  $\sin\Phi$ . Weil  $\Phi$  so klein ist, wird

die cross-radiale Komponente dominieren, und proportional zu  $\Phi$  sein. Im schlimmsten Fall ist der Skalierungsfaktor daher 0,005 Meter des post-differentiellen Abstandskorrekturfählers pro Meter ephemeridischen Fehlers. Daher sind im schlimmsten Fall mehr als 200 Meter cross-radialen ephemeridischen Fehlers nötig, um einen Meter Abstandsfehler nach Anwendung der anwendbaren differenziellen Korrektur zu produzieren.

Fig. 14 quantifiziert die ephemeridische Positions- und Geschwindigkeitsgenauigkeit gegenüber der Verbrauchtheit der Ephemeride (d. h. t-toe), ausgedrückt als eins-sigma In-track (I), Radial (R) und Cross-track (C) Positions- und Geschwindigkeitsfehlerkomponenten in Metern und Metern/Sekunde, gegenüber den Stunden nach der Zeit d ephemeridischen Anwendbarkeit ( $t_{oe}$ ). Die Figuren wurden abgeleitet, indem beispielhafte Standardabweichungen von Differenzen aus Vorhersagen von 358 übertragenen Ephemeridesätzen von 1998 mit den präzisen ephemeridischen Daten vom Internationalen GPS-Service (IGS), der vom Jet Propulsion Labor bereitgestellt wird, berechnet wurden.

Es soll erwähnt werden, dass typischer Weise die Zeit der Ephemeride (toe) eines Satelliten zwei Stunden vor der gegenwärtigen Zeit "t" liegt, wenn sie zum ersten Mal von dem Satelliten zur Verfügung gestellt wurde und daraufhin den Mobilstationen, die GPS verwenden können, zur Verfügung gestellt werden kann. Konsequenter Weise korrespondiert ein Wert t-toe von zwei Stunden mit einer möglicher Weise vierstündigen Nutzungsdauer des selben Ephemeridesatzes (-2 Stunden  $\leq$  t-toe  $\leq$  +2 Stunden), was ein vierstündiges Fit-Intervall für jeden ephemeridischen Satz bedeutet. Demnach kann man die Periode der Anwendbarkeit jedes einzelnen Ephemeridesatzes auf 5 Stunden (t-toe = +3 Stunden) oder mehr erweitern, mit sehr kleinem Effekt auf den Satellitenpositions- und Geschwindigkeitsfehler (übersetzbar in den benutzerautonomen Positionsfehler, wie unten beschrieben). Des Weiteren wird dieser Fehler von maßgeschneidernten DGPS-Korrekturen für den gesamten Zeitraum, in dem der Satellit sichtbar ist, vollständig entfernt.

Für Operationen nahe der Erdoberfläche wird von Satellitenbeobachtungsintervallen nicht erwartet, dass sie länger als 6 Stunden dauern. Da die cross-radiale Fehlerkomponente den dominanten Beitrag zum Residuenfehler liefert, und diese Richtung liegt normaler Weise mit den cross-track und in-track Komponenten auf einer Linie, kann der größte ephemeridische Fehler bestimmt werden, indem die in-track Komponente in Fig. 14, die die größte Komponente darstellt, verwendet wird. Die Verwendung dieser Komponente resultiert in eine worst-case eins-sigma cross-radialen Positionsfehlerkomponente von grob 100 Metern. Skaliert man dies um einen Faktor drei, um mit einer worst-case drei-sigma Bedingung übereinzustimmen, und multipliziert man dies mit dem worst-case räumlichen Dekorrelationskalierungsfaktor, der oben abgeleitet wurde, erhält man einen worst-case residualen Abstandsfehler von 0,4 Metern, der sicherlich für Notfallpositionsbestimmung und anderen positionsbasierenden Services akzeptabel ist.

Die Erfindung definiert vier Punkt-zu-Punkt-Nachrichten und zwei Übertragungsnachrichten: Punkt-zu-Punkt-Nachrichten fordern ephemeridische/Zeit-Korrekturupdates (Handgerät auf Netzwerk) an, fordern ephemeridische/Zeit-Korrekturupdates (Netzwerk auf Handgerät) an, fordern Punkt-zu-Punkt DGPS-Korrektur (Handgerät auf Netzwerk) an und fordern Punkt-zu-Punkt DGPS-Korrektur (Netzwerk auf Handgerät) an; und Übertragungsnachrichten-DGPS-Übertragungsnachricht (Netzwerk auf viele Mobilgeräte) und ephemeridische Übertragungsnachricht (Netzwerk auf viele Mobilgeräte). Jeder Nachrichtenaustausch wird im folgenden mit detaillierter Parameterbeschreibung diskutiert.

#### Anforderung von ephemeridischem/Zeit-Korrekturupdate (Handgerät auf Netzwerk)

Die ephemeridischen Punkt-zu-Punkt-Kontrollnachrichten ermöglichen eine minimale Kontrolle und Transmission der rohen ephemeridischen und Zeit-Korrekturdaten auf das Handgerät. In diesem Protokoll teilt die MS dem Netzwerk mit, welche ephemeridischen Satellitensätze es im Speicher enthält, indem eine Liste der SVIDs und die entsprechende IODE (Issue Of Data Ephemeride) des Satelliten präsentiert wird. Des weiteren sendet das Handgerät ein ephemeridisches Alterslimit (t-tue), das dem Netzwerk mitteilt, dass es rohe ephemeridische Daten für alle gegenwärtig sichtbaren Satelliten, für die die Handgerätephemeride älter ist als das festgelegte Alterslimit, zu senden hat. Zuletzt informiert das ephemeridische Altersaufhebungsbit das Netzwerk, das ephemeridische Alterslimit zu ignorieren und die rohe Ephemeride ohne Rücksichtnahme auf ihr Alter zu liefern.

Mit dem Satz an IODEs von der MS, der mit den im Handgerätespeicher gespeicherten rohen Ephemeriden korrespondiert, und einer Erkennung der minimalen räumlichen Dekorrelation, die mit der ephemeridischen Fehlerkomponente der differenziellen Korrekturen korrespondiert, wird im Allgemeinen nur eine einzelne rohe Ephemeride für jeden Durchgang eines Satelliten benötigt.

Jedenfalls variieren die Genauigkeitsanforderungen an verschiedene Benutzerklassen. Daher wird ein Algorithmus definiert, den jedes Handgerät einsetzen kann, um die Auswirkungen des Ephemeridealters auf die resultierende Lösungsgenauigkeit vorherzusagen. Dieser Algorithmus reduziert des Weiteren die Datenübertragungsanforderungen, da er dann, und nur dann, eine neue Ephemeride anfordern wird, wenn dies von den Genauigkeitsanforderungen des Handgeräts gefordert wird.

Da die Erfindung verlangt, dass differenzielle Korrekturen für jede IODE berechnet werden, wird eine neue Übertragungsnachricht definiert. Diese Übertragungsnachricht verwendet eine intelligente Komprimierung der differentiellen Korrekturdaten, so dass typischer Weise nur eine einzige Nachricht für alle zur Verfügung stehenden IODEs nötig ist. Eine Beschreibung der ephemeridischen Übertragungsnachricht folgt später.

#### Ephemeridisches/Zeit-Korrekturupdate

##### Netzwerk auf Handgerät

Wie oben beschrieben werden die ephemeridischen Daten nur übertragen, wenn sie die MS anfordert oder wenn die Infrastruktur feststellt, dass die Handgerätephemeride älter ist, als von der von der MS zugeteilten ephemeridischen Altersschwelle erlaubt. Der Inhalt dieser Nachricht ist in Tabelle 2 unten abgedruckt:

Tabelle 2

Inhalt der ephemeridischen/Zeit-Korrekturdatenachricht

5	Parameter	Beschreibung	Einheiten
10	SV_ID	Satelliten ID	
15	SV_health	Health Synopsis	
20	URA	Genauigkeit Benutzerabstand	
25	T <sub>GD</sub>	Korrektur für Gruppenverzögerung	secs
30	t <sub>oc</sub>	Zeitpunkt der Anwendbarkeit der Zeitkorrekturen	secs
35	a <sub>0</sub>	Zeitkorrektur nullter Ordnung	secs
40	a <sub>1</sub>	Zeitkorrektur-Koeffizient erster Ordnung	secs/ Sekunde
45	a <sub>2</sub>	Zeitkorrektur-Koeffizient zweiter Ordnung	secs/ Sekunde <sup>2</sup>
50	C <sub>rs</sub>	Radialer Korrektur-Koeffizient	Meter
55	Δn	Korrektur der Durchschnittsbewegung	Semi-Kreise/ Sekunde
60	M <sub>0</sub>	Durchschnittliche Anomalität	Semi-Kreise
65	C <sub>uc</sub>	Argument des Breitengrad-Korrektur-Koeffizients	Rad
	e	Exzentrizität	
	C <sub>us</sub>	Argument des Breitengrad-Korrektur-Koeffizients	Rad

$(A)^{1/2}$	Wurzel aus Semi-Hauptachse	Meter <sup>1/2</sup>	5
$t_{oe}$	Zeitpunkt der Anwendbarkeit der Ephemeride	secs	10
$C_{ic}$	Inklinations-Korrektur-Koeffizient	Rad	15
$\Omega_0$	Nominaler Längengrad des ansteigenden Knotens	Semi-Kreise	20
$C_{is}$	Inklinations-Korrektur-Koeffizient	Rad	25
$i_0$	Nominale Inklination	Semi-Kreise	30
$C_{rc}$	Radialer Korrektur-Koeffizient	Rad	35
$\omega$	Argument der Erdnähe	Semi-Kreise	40
$\Omega_{dot}$	Änderungsrate des rechten Aufstiegs	Semi-Kreise/ Sekunde	45
$i_{dot}$	Änderungsrate der Inklination	Semi-Kreise/Sekunde	50

Die Parameter in Tabelle 2 korrespondieren mit dem konventionellen Satz an ephemeridischen- und Zeit-Korrekturdaten und den URA und TGD Parametern. Die Hinzufügung der URA Parameter erlaubt es der MS, ihre Genauigkeitsvorhersagen als Funktion der Höhe an selektiver Verfügbarkeit (SA) abzustimmen. Des Weiteren können die ephemeridischen Artfragen auf Basis der Genauigkeitsvorhersage von jedem Mobilgerät getätigt werden. Die Hinzufügung von TGD erlaubt es jedem Mobilgerät, Korrekturen bezüglich Gruppenverzögerungseffekte anzustellen und die Lösung mit dem höchsten Grad an Genauigkeit zu berechnen.

#### Anforderung von DGPS Punkt-zu-Punkt Korrektur

##### Handgerät auf Netzwerk

Die DGPS Punkt-zu-Punkt Korrekturnachricht wird vom Mobilgerät angefordert, wenn differenzielle Genauigkeiten benötigt werden, um den Positionsausführungsansprüchen der handgerätebasierenden Anwendung (z. B. Notrufpositionsbestimmung) zu entsprechen. In diesem Modus benötigt das Mobilgerät nur einmal pro Satellitendurchgang ephemeridische Daten. Die differenziellen Korrekturen, die an das Handgerät in einem Punkt-zu-Punkt Modus übertragen wer-

den, werden vom Netzwerk angeglichen, so dass der zusätzliche Fehler aufgrund des ephemeridischen Alters im Handgerät von der differentiellen Korrektur absorbiert und kompensiert wird. Auf diese Weise wird eine einfache differentielle Korrekturanwortnachricht verwendet, wie in Tabelle 3 unten gezeigt. Es wird erwartet, dass differentielle Punkt-zu-Punkt Korrekturen bevorzugt und in den meisten Fällen verwendet werden, bis differentielle Übertragungskanäle in den GSM-Netzwerken überall zu finden sind (nicht alle GSM-Netzwerke haben Übertragungsservices implementiert). Gemäß der bevorzugten Ausführungsform der gegenwärtigen Erfindung wird das Protokoll für diesen in den meisten Fällen auftretenden Modus optimiert, indem der gesamte Nachrichtenverkehr minimiert wird, da die rohe Ephemeride nur einmal pro Satellitendurchgang gesendet wird und die differentielle Korrektur der spezifischen Ephemeride, die im Mobilgerät gespeichert ist, angepasst ist. Weitere Vorteile dieser Nachricht sind, dass die Endanwendung die Positionsgenauigkeit kontrollieren kann und dass der Vermittler der Zellen aus der Anwendung Nutzen ziehen kann oder auch der Benutzer, der den Service dieser bestimmten Nachricht gewählt hat.

## DGPS Punkt-zu-Punkt Korrekturnachricht

Netzwerk auf Handgerät

Tabelle 3 zeigt den Inhalt dieser Nachricht. Zu beachten ist, dass die differentiellen Korrekturen nur für die IODE gesendet werden, für die sie auch angefordert wurden. Gemäß der bevorzugten Ausführungsform der gegenwärtigen Erfindung werden die Fehler, die mit der differentiellen Korrekturlatenz zusammenhängen, auf akzeptabler Größe gehalten, indem vorteilhafter Weise die DGPS Korrekturen alle 30 Sekunden oder mit einer vom Mobilgerät geforderten Rate gesendet werden.

Tabelle 3

Inhalt der DGPS Punkt-zu-Punkt Korrekturnachricht (per Satellit)

Parameter	Beschreibung	Gesendete Parameter
N_sats	Anzahl an Satelliten, an denen Korrekturen vorgenommen werden sollten	Einmal pro Nachricht
Zeit	GPS-Zeit, zu der die Korrekturdaten Gültigkeit besitzen, secs	Einmal pro Nachricht
UDRE SF	Skalierungsfaktor für die Genauigkeitsvorhersage	Einmal pro Nachricht
UDRE	Differenzieller Benutzerabstandsfehler (Genauigkeitsvorhersage, Meter)	Einmal pro Nachricht
SVID	GPS-Satellit, an dem Korrekturen vorgenommen werden	Für jeden Satelliten
Corr SF	Skalierungsfaktor für die Korrekturdaten	Für jeden Satelliten
IODE	Ephemeridische Ausgabe, an der Korrekturen vorgenommen werden	Für jeden Satelliten
PRC	Pseudo-Abstandskorrektur, Meter	Für jeden Satelliten
RRC	Rate der Abstandskorrektur, Meter/Sekunde	Für jeden Satelliten

DGPS Übertragungsnachricht

Netzwerk auf viele Mobilgeräte

Die gegenwärtige Erfindung verringert Netzwerkdatenverkehr, indem es den differenziellen Korrekturen ermöglicht wird, Fehler aufgrund des Alterns ephemeridischer Daten zu kompensieren, die entsprechende DGPS Übertragungsnachricht muss Korrektursätze für alle zur Verfügung stehenden IODE Werte enthalten. Dies kann zu einer Nachrichtenlänge führen, die die maximale Nachrichtenlänge bei der GSM Kurznachrichten-Servicezellen-Übertragung (SMSC) von 82-Oktet übersteigt. Allerdings sind die Daten, wie in Tabelle 4 unten gezeigt, auf intelligente Weise komprimiert, gemäß der bevorzugten Ausführungsform der gegenwärtigen Erfindung.

Tabelle 4

## Inhalt der DGPS Übertragungsnachricht

5	Parameter	Beschreibung	Gesendete Parameter
10	N_sats	Anzahl an Satelliten, an denen Korrekturen vorgenommen werden sollten	Einmal pro Nachricht
15	Zeit	GPS-Zeit, zu der die Korrekturdaten Gültigkeit besitzen, secs	Einmal pro Nachricht
20	UDRE SF	Skalierungsfaktor für die Genauigkeitsvorhersage	Einmal pro Nachricht
25	SVID	GPS-Satellit, an dem Korrekturen vorgenommen werden	Einmal pro Nachricht
30	Corr SF	Skalierungsfaktor für die Korrekturdaten	Einmal pro Nachricht
35	Gegenwärtige IODE	Ephemeridische Ausgabe, an der Korrekturen vorgenommen werden	Einmal pro SVID
40	PRC - PRC <sub>avg</sub>	Komprimierte Pseudo-Abstandskorrektur, Meter	Einmal pro SVID
45	RRC - RRC <sub>avg</sub>	Komprimierte Rate der Abstandskorrektur, Meter/Sekunde	Einmal pro SVID
	N_prev	Anzahl an vorausgegangenen IODE Korrekturwerten	Einmal pro SVID
	ΔPRC	Differenz in PRC Korrekturwerten, Meter	Einmal pro N_prev

Aus Tabelle 4 sind mehrere Aspekte der intelligenten Kompression, die in der Übertragungsnachricht verwendet wird, offensichtlich, während andere subtiler sind. Die DGPS Zeitplakette wird im Vergleich zu den vollen 20 Bit des RTCM Standards für DGPS Korrekturdaten komprimiert, da jedes Mobilgerät ausreichend zuverlässige Zeitinformation besitzt. Die differenziellen Korrekturdaten selbst werden komprimiert, indem der durchschnittliche Wert der Korrekturen aller Satelliten von jedem PRC und RRC Wert abgezogen wird. Dieser Durchschnittswert spiegelt die allgemeine Zeit- und Frequenzüberhänge der Korrekturdaten wider, die vom Oszillatoroffset und der Drift induziert werden. Diese Überhänge haben auf die Navigationslösung der differenziellen Korrektur des Mobilgeräts keinen Einfluss und können demzufolge entfernt werden. Des weiteren ist es nicht notwendig, RRC Werte für die vorangegangenen IODEs einzufügen, da die vom ephemeridischen Alter induzierten Geschwindigkeitsfehler klein gegenüber den nominalen Latenzfehlern sind. Schließlich müssen die verschiedenen PRC Werte nicht alle dreißig Sekunden gesendet werden, was zu einer Datenkompression führt, da sie mit den ephemeridischen Altersfehlern und nicht mit den normalen DGPS Latenzeffekten zusammen hängen (z. B. SA Beschleunigung). Im schlimmsten Fall wird eine Übertragung der PRC Differenzwerte einmal pro Minute ausreichen. Der schlimmste Fall tritt ein, wenn die Ephemeride am ältesten ist, was eine weitere Komprimierung der Daten invers bezüglich des Alters nahe legt: d. h. die neueren Differenzwerte werden weniger oft gesendet. Unter Verwendung dieser beiden Komprimierungstechniken ist die Anzahl an Bytes, die für den Transport der DGPS Übertragungsnachricht an alle sichtbaren Satelliten benötigt werden, kleiner als 82 Bytes.

## Ephemeridische Übertragungsnachricht

Tabelle 5 zeigt den Inhalt der ephemeridischen Übertragungsnachricht. Zu beachten ist, dass die Nachricht aus zwei Sätzen berechneter Positionen und Geschwindigkeiten für jeden GPS-Satelliten besteht, was die Anzahl an für die Über-



tragung notwendigen Bits gegenüber dem Senden vollständiger Sätze ephemeridischer Daten verringert. Diese beiden Datensätze sind zeitlich getrennt, um es dem mobilen Handgerät zu ermöglichen, zwischen den Zeiten der Anwendbarkeit der berechneten Daten zu interpolieren, um Positions- und Geschwindigkeitsdaten zum gegenwärtigen Zeitpunkt abzuleiten. Die Verwendung von Interpolation, anders als Extrapolation, entfernt bezüglich der vom Handgerät durchgeführten Berechnung, basierend auf einem vollständigen Satz ephemeridischer Daten, alle signifikante Fehler.

Tabelle 5

## Ephemeridische Übertragungsnachricht

Parameter	Beschreibung
$t_0$	Zeitpunkt der Anwendbarkeit des ersten Satzes der Positionen und Geschwindigkeiten, secs
$\Delta t$	Zeitintervall zwischen den Sätzen, mins
$N_{\text{sats}}$	Anzahl an GPS Satelliten, für die Positions- und Geschwindigkeitsdaten folgen
SVID	ID für diese Satz an Positionen und Geschwindigkeiten
$X_0$	ECEF X-Positionskomponente zur Zeit $t$ , Meter
$Y_0$	ECEF Y-Positionskomponente zur Zeit $t$ , Meter
$Z_0$	ECEF Z-Positionskomponente zur Zeit $t$ , Meter
$X_{\text{dot}_0}$	ECEF X-Geschwindigkeitskomponente zur Zeit $t$ , Meter/Sekunde
$Y_{\text{dot}_0}$	ECEF Y-Geschwindigkeitskomponente zur Zeit $t$ , Meter/Sekunde
$Z_{\text{dot}_0}$	ECEF Z-Geschwindigkeitskomponente zur Zeit $t$ , Meter/Sekunde
$X_1$	ECEF X-Positionskomponente zur Zeit $t + \Delta t$ , Meter
$Y_1$	ECEF Y-Positionskomponente zur Zeit $t + \Delta t$ , Meter

5	$Z_1$	ECEF Z-Positionskomponente zur Zeit $t + \Delta t$ , Meter
10	$X_{\dot{0}1}$	ECEF X-Geschwindigkeitskomponente zur Zeit $t + \Delta t$ , Meter/Sekunde
15	$Y_{\dot{0}1}$	ECEF Y-Geschwindigkeitskomponente zur Zeit $t + \Delta t$ , Meter/Sekunde
	$Z_{\dot{0}1}$	ECEF Z-Geschwindigkeitskomponente zur Zeit $t + \Delta t$ , Meter/Sekunde

Um Anzahl und Länge der ephemeridischen Übertragungsnachrichten weiter zu reduzieren, schließt die gegenwärtige Erfindung eine ephemeridische Übertragungsnachricht ein, die nur einen Satellitenpositions- und Geschwindigkeitsvektor pro Nachricht sendet. Dies bedeutet, dass die Mobilstation zwei aufeinanderfolgende ephemeridische Übertragungsnachrichten zu den Zeiten  $t_1$  und  $t_2$  erhalten muss, bevor sie die Position der Mobilstation zu einem Zeitpunkt zwischen  $t_1$  und  $t_2$  berechnen kann.

Gemäß eines weiteren Aspekts der gegenwärtigen Erfindung wird vom Handgerät ein Algorithmus verwendet, um Satellitenposition und Geschwindigkeit zu einem zufälligen Zeitpunkt  $t_0 < t < t_1$  (wobei  $t_1 = t_0 + \Delta t$ ) zu berechnen. In seiner Natur ist dieser Algorithmus iterativ; er führt zwei Schritte aus, zuerst die Berechnung einer ersten Beschleunigungsschätzung aus den Geschwindigkeitsdaten, dann daraus, zusammen mit den Positionsdaten, die Berechnung eines Rucks (Ableitung der Beschleunigung), die dann verwendet wird, um die Positionsschätzungen neu zu erstellen. Da der Algorithmus für alle Positions- und Geschwindigkeitskomponenten identisch ist, wird in den Gleichungen unten nur eine einzelne Komponente detailliert beschrieben. Eine Beschleunigungsschätzung ergibt sich aus Gleichung (2):

$$X_{\ddot{0}0} = (X_{\dot{0}1} - X_{\dot{0}0}) / (t_1 - t_0) \quad (2)$$

Die Beschleunigungsschätzung aus Gleichung (2) wird verwendet, um  $X_1$  unter Verwendung von Gleichung (3) unten vorherzusagen:

$$X_{1\_hat} = X_0 + X_{\dot{0}0} \Delta t + X_{\ddot{0}0} \Delta t^2 / 2 \quad (3)$$

Die Differenz zwischen vorhergesagtem  $X_1$  und seinem berechnetem Wert wird verwendet, um einen Ruck-Level, der den vorhergesagten Wert in Übereinstimmung mit dem berechneten Wert bringt, zu finden:

$$\Delta X_1 = X_1 - X_{1\_hat} = X_{\ddot{0}0} \Delta t^3 / 6 \quad (4)$$

Gleichung (4) wird verwendet, um einen Ruck-Wert zu finden ( $X_{\ddot{0}0}$ ), und dieser wird in Gleichung (5) verwendet, um die GPS Satellitenposition zu interpolieren:

$$X(t) = X_0 + X_{\dot{0}0} (t - t_0) + X_{\ddot{0}0} (t - t_0)^2 / 2 + X_{\ddot{0}0} (t - t_0)^3 / 6 \quad (5)$$

Zu beachten ist, dass in dieser Übertragungsnachricht die Satelliten-Zeitkorrekturdaten nicht auftreten. Dies wird ermöglicht durch eine vorteilhafte Modifikation der Positions- und Geschwindigkeitsdaten, die gesendet werden, um die Zeitfehlereffekte zu absorbieren, wie in Fig. 15 gezeigt. Fig. 15 zeigt geschätzte und tatsächliche Satellitenpositionen, wobei Vorsorge getroffen wird, dass die Daten der Positionskurvenanpassung der Satelliten mit den Zeitkorrekturparametern der Satelliten kombiniert werden. Dies ermöglicht die vollständige Auslöschung der Zeitkorrekturparameter und verringert weiterhin die Anzahl der übertragenen Bits von 254 auf 217. Um dies zu erreichen, muss der Effekt des Zeitfehlers in einen äquivalenten Satelliten-Positionsfehler umgewandelt werden.

In Fig. 15 kreist ein Satellit 696 eines globalen Navigations-Positionsbestimmungssystems, wie GPS, auf einem Orbit über einem Funkkommunikationssystem. Das Funkkommunikationssystem beinhaltet eine Vielzahl an Basisstationen 698, die sich in zwei-Wege Funkkommunikation mit Mobilstationen, wie Mobilstation 700, befinden. Die Umwandlung des Effekts des Zeitfehlers in einen äquivalenten Satelliten-Positionsfehler erfordert, dass die Kurvenanpassung des Satellitenorbits  $X(t)$  um den der Satelliten-Zeitkorrektur entsprechenden Beitrag modifiziert wird. Es werden effektive Längenerweiterungen  $C_0$ ,  $C_1$ , und  $C_2$  aus der Satelliten-Zeitkorrektur berechnet, wie von den ephemeridischen Daten zur Zeit  $t_0$ ,  $t_1$  und  $t_2$  abgeleitet, multipliziert mit der Lichtgeschwindigkeit (Speed Of Light SOL). Diese Größe kann entweder positiv (weiter entfernt) oder negativ (näher an der Mobilstation) sein, ist aber typischer Weise von der Größenordnung 1 ms (aber kann bis zu 5 ms groß sein).

Die effektive Position  $XE'(t)$  wird wie folgt berechnet:

$$XE'(t_0) = X(t_0) + C(t_0) \text{SOL} \left( \frac{X(t_0) - R}{|X(t_0) - R|} \right) \quad (6)$$

Um den effektiven Satellitenorbit zu modifizieren, wird ein Referenzpunkt "RL" benötigt, um die Position des Satellitenorbit entlang der Linie zwischen seiner wahren Position  $X(t)$  und dem RL abzubilden. RL kann vorteilhafter Weise die Basisstation 698 sein. Einfache Vektormathematik modifiziert den Weg des Satellitenorbits  $X(t)$  auf den modifizierten Orbitweg  $X'(t)$ .

Jede individuelle Basisstation des Systems wird ausgewählt, wie es die Referenzstation zur Kontrolle des in den Längenmessungen induzierten Fehlers erlaubt. Es wird angenommen, dass die Basisstation 698 innerhalb einer Entfernung von 10 km zur Mobilstation 700 liegt (trifft bei zellenförmigen Mobilsystemen in den meisten Fällen zu). Des weiteren ist bekannt, dass die Zeitkorrektur des Satelliten nicht größer als 5 ms sein kann, da dies der größte Wert dieses Parameters ist. Der maximale Fehler im vorhergesagten Satellitenabstand ist eine Funktion seines Zeitfehlers und der Distanz Basisstation-zu-Mobilstation. Der maximale Fehler im gemessenen Abstand, basierend auf den modifizierten oder abgebildeten Satellitenorbit, einer 10 km Distanz zwischen Mobilstation und Referenzpunkt und einer Zeitkorrektur von 5 ms, beträgt ungefähr 1 Meter, was verglichen mit anderen Systemfehlern, wie Multipfad, Empfängerrauschen, ionosphärischer Verzögerung und anderen quantisierenden Effekten klein genug ist.

#### Vorhersage der Leistungsfähigkeit des Protokolls

##### Autonomer GPS Modus

Die Leistungsfähigkeit der gegenwärtigen Erfindung kann vorausgesagt werden, indem die Verteilungen der Satelliten-Spurintervalle (die die Verteilung des ephemeridischen Alters bestimmen) an verschiedenen geographischen Breiten untersucht werden und die durchschnittliche Anzahl der ephemeridischen Sätze, die von jedem Satelliten benötigt wird, berechnet wird. In Tabelle 6 unten wird diese Analyse zusammengefasst. Die Durchschnitte erscheinen in der letzten Spalte und ein Vergleich dieser Spalte mit der letzten Spalte in Tabelle 1 (die die entsprechenden Leistungsfähigkeitsdaten gemäß Stand der Technik präsentiert) zeigt klar die Vorteile der gegenwärtigen Erfindung. Für alle geographische Breiten werden die ephemeridischen Updates reduziert und reichen von 40% in höheren Breiten bis 45% am Äquator.

Tabelle 6

Gesamtzahl an zur MS durch sichtbaren Satellit übertragenen Bits gemäß der Erfindung

Breitengrad	% der SVs mit rohem EPH Update	% der SVs nachfolgend rohes EPH Update	Gesamte rohe „Equiv Updates“ pro SV
60 Grad	100 %	Null	1,0 X rohe EPH Bits
30 Grad	100 %	Null	1,0 X rohe EPH Bits
15 Grad	100 %	17 %	1,17 X rohe EPH Bits
Äquator	100 %	33 %	1,33 X rohe EPH Bits

#### Verwendung des Alters der Ephemeride zur Kontrolle der Updateanfragen

Wenn ephemeridische Daten angefordert werden, müssen BS oder SMLC nur ephemeridische Daten für gegenwärtig sichtbare Satelliten, die im Speicher des Handgeräts noch nicht abgespeichert sind oder die den Parameter der "ephemeridischen Altersgrenze" überschreiten, der von der entsprechenden Mobilstation festgelegt wird (die autonome Benutzer-Endanwendung sollte diesen basierend auf die Anforderungen der Anwendung bezüglich Positionsgenauigkeit bestimmen), senden. So überträgt das Protokoll gemäß der bevorzugten Ausführungsform der gegenwärtigen Erfindung nur ephemeridische Daten für neue Satelliten, die nach der letzten Anfrage erschienen sind, zur Mobilstation.

Wenn die Endanwendung DGPS Korrekturen verwendet, kann die "ephemeridische Altersgrenze" hoch angesetzt werden, was bedeutet, dass die rohe Ephemeride im Handgerät nicht während des gesamten sichtbaren Durchgangs des

Satelliten auf den neuesten Stand gebracht werden muss. In diesem Fall werden neue rohe ephemeridische Daten nur einmal an die Mobilstation übertragen und werden für den gesamten sichtbaren Durchgang des Satelliten verwendet.

- Das Handgerät löscht alte ephemeridische Datensätze aus seinem Speicher auf mehrere Arten. Zum Beispiel kann das Handgerät, so lange es einen Zeitintervallzähler besitzt, die verstrichene Zeit seit der Annahme der ephemeridischen Daten im Handgerät verfolgen. Da bekannt ist, dass die Ephemeride nach einer bestimmten Zeitperiode von 4 bis 6 Stunden nicht mehr gültig ist, kann das Handgerät die gespeicherte Ephemeride, nachdem diese Zeitperiode verstrichen ist, außer Kraft setzen. Des weiteren kann die Mobilstation zu jedem Zeitpunkt überprüfen, ob der Satellit unter den lokalen Horizont gesunken ist, indem es die Ephemeride zum gegenwärtigen Zeitpunkt evaluiert. Die Ephemeride sollte für jeden unter dem Horizont verschwindenden Satelliten gelöscht werden. Des weiteren bringt die Mobilstation, wenn sie einen neuen ephemeridischen Satz erhält, die GPS Wochennummer an die ephemeridischen Daten an (enthalten in der Kopfzeile der Antwort), so dass die Mobilstation selbst entscheiden kann, wann ein bestimmter Datensatz zu alt ist und aus dem Speicher gelöscht werden kann.

Beschreibung des in ein mobiles Handgerät zu implementierenden Algorithmus zur Bestimmung eines optimalen Verfahrens zum auf den neuesten Stand Bringen der Ephemeride des Handgeräts

- Ein anderer Aspekt der gegenwärtigen Erfindung ist ein Verfahren, das in ein mobiles Handgerät implementiert werden kann, um zu bestimmen, wann ein ephemeridisches Update von der zellenförmigen Infrastruktur angefordert werden muss. Da der Fehler, der vom ephemeridischen Alter herrührt, durch die Verwendung geeignet generierter differentieller Korrekturen kompensiert werden kann, soll dieses Verfahren nur angewendet werden, wenn das Handgerät autonom arbeitet. Ziel dieses Verfahrens ist es, die Anzahl an ephemeridischen Updateanfragen zu minimieren. Die Anzahl der Anfragen wird minimiert, indem die Auswirkung des ephemeridischen Alters auf das GPS Pseudo-Abstand (pseudo range PR) Residuum explizit modelliert wird; indem dieses Modell im Lösungsverfahren verwendet wird (wenn ein "Weighted Least Squares"-Algorithmus verwendet wird); indem die Genauigkeit der Lösung mit dem gegenwärtigen Satz an ephemeridischen Daten vorhergesagt wird; und schließlich, indem die ephemeridische Updateanfrage des Handgeräts von der Auswirkung des ephemeridischen Updates auf die vorhergesagte Genauigkeit der Lösung abhängt, wenn die vorhergesagte Genauigkeit der Lösung exzessiv ist.

- Bei der Vorhersage der Genauigkeit der Lösung sollte sowohl eine priori Einheit-Varianzinformationsstatistik (d. h. eine Kovarianzinformation) und eine posteriori Varianzinformationsstatistik (d. h. eine Einheit-Varianzinformation, wenn die Lösung überbestimmt ist) verwendet werden. Da bei der Bestimmung eines Fix bereits viele der erforderlichen Berechnungen vom Handgerät durchgeführt wurden, führt dieses Verfahren nicht zu signifikantem zusätzlichen rechnerischen Aufwand für das Handgerät.

#### Vorhersage des Navigationsfehlers

- Die Fig. 14 und 16 zeigen Abschätzungen der Eins-Sigma In-Trak, Cross-Track und radialen Fehlerkomponente des ephemeridisch abgeleiteten Satellitenstandorts als eine Funktion seines Alters. Natürlich wird die Genauigkeit der Pseudobereichsmessung, die vom GPS Empfänger berechnet wird, nicht direkt vom ephemeridischen Alter beeinflusst. Jedoch ist es beim Ableiten von Navigationsinformation aus einer Auswahl von verfügbaren Pseudobereichsmessungen nötig, die Position des GPS Satelliten vorherzubestimmen und auf diese Weise beeinflusst die ephemeridische Fehlerkomponente entlang der Sichtlinie (LOS-Line Of Sight) zu jedem Satelliten die Navigationsgenauigkeit. Normalerweise ist die LOS ephemeridische Fehlerkomponente eine Kombination der In-Trak, Cross-Track und radialen Komponente, wird aber dominiert von der radialen Komponente: im Falle der denkbar schlimmsten relativen Geometrie sind 24% (der Sinus von vierzehn Grad) des In-Track oder Cross-Track Fehlers entlang der LOS, entsprechend eines Satelliten bei Höhenwinkel Null. Sehr einfach gesprochen resultieren die konservativen Vorhersagen des Navigationsfehlers aus der Benutzung der alten ephemeridischen Daten in konventionellen Vorhersageberechnungen. Da implizit angenommen wurde, dass die Ephemeride eines jeden Satelliten gleich alt war, waren die Schätzungen sehr konservativ.

- Noch allgemeiner und realistischer wurde nur eine Unterauswahl von Satelliten für mehr als sechs Stunden verfolgt und auf diese Weise besteht die Möglichkeit, alte ephemeridische Daten für Vorhersageberechnungen gemäß der gegenwärtigen Erfindung zu nutzen. Die Auswirkung des ephemeridischen Fehlers auf den Navigationsfehler kann aus der Satelliten-Geometrie und dem verwendeten Algorithmus bestimmt werden:

$$e = (H^T H)^{-1} H^T \delta PR \quad (\text{LS Lösung}) \quad (7)$$

$$e = (H^T R^{-1} H)^{-1} H^T R^{-1} \delta PR \quad (\text{WLS Lösung}) \quad (8)$$

wobei: e beschreibt den 4 dimensional Navigations-(und Zeit-)Fehlervektor

- H ist die Messungsgradientenmatrix

R ist die abgeschätzte Messfehlervarianzmatrix

und  $\delta PR$  ist der m-dimensionale Vektor des Pseudobereichsfehlers

- Im allgemeinen wird der WLS Algorithmus bevorzugt, da er das Entwichen des Pseudobereichs von Satelliten, für die ältere ephemeridische Daten benutzt werden, ermöglicht (falls die Lösung überbestimmt ist, d. h. falls m den Wert vier überschreitet). Das Entwichen der Messung wird beeinflusst durch das Einbinden des Eins-Sigma Fehlers, der mit dem ephemeridischen Alter in der abgeschätzten Messfehlerkovarianzmatrix R assoziiert wird.

Nimmt man das äußere Produkt des Navigationsfehlers und quadriert die Gleichungen (7) und (8), und nimmt dann die zu erwartenden Werte, ergebend sich die folgenden Gleichungen für die Navigationsfehlerkovarianzmatrix:

$$P = (H^T H)^{-1} H^T R H (H^T H)^{-1} \quad (\text{LS Lösung}) \quad (9)$$

$$P = (H^T R^{-1} H)^{-1} \quad (\text{WLS Lösung}) \quad (10)$$

In der Herleitung der Gleichungen (9) und (10) sind die abgeschätzte und aktuelle Meßfehlerkovarianzmatrix (gekennzeichnet durch R) als gleich angenommen worden. Man sollte zur Kenntnis nehmen, dass die Navigationsfehlerkovarianzmatrix, P, für die WLS Lösung bereits durch den WLS Algorithmus berechnet ist, aber zusätzliche Rechnungen für den LS Algorithmus benötigt werden, die durch Gleichung (9) gegeben sind.

Für überbestimmte Lösungen sollte die Einheits-Varianzstatistik berechnet werden:

$$u = f^T f / (m - 4) \quad (11)$$

wobei f der m-dimensionale Fehlervektor.

Obwohl nicht ganz exakt, ist die Einheits-Varianz ein Maß für die Konsistenz der Messungen (relativ zu den dazugehörigen angenommenen Fehlerstatistiken); ein viel zu großer Wert ist daher ein Indikator für fehlerhafte Messdaten und kann auf diese Weise benutzt werden, um die Navigationsfehlerkovarianz zu skalieren und realistischer zu machen.

Hat man die Charakterisierung der Navigationsfehler, die durch die Gleichungen (9), (10) und (11) zur Verfügung steht, und eine Spezifikation des Navigationsfehlers, die das Handgerät tolerieren kann, wird der folgende Test verwendet, um die Anfrage für eine neue Version der Ephemeride zu kontrollieren:

$$\alpha^2(P(1,1) + P(2,2) + P(3,3)) > e_{\max}^2 \quad (12)$$

Der Parameter  $\alpha^2$  kontrolliert den Grad des Konservatismus. Zum Beispiel entspricht  $\alpha^2$  gleich 2 einer 95%igen Sicherheit, dass  $e_{\max}$  nicht überschritten wird. Die drei in Gleichung (12) auftauchenden Elemente der Kovarianzmatrix entsprechen dem östlichen, nördlichen und vertikalem Positionsfehler; wird P(3,3) weggelassen, basiert der Test nur auf die zu erwartende horizontale Positionfehlervarianz.

Sollte die Gleichung (12) zeigen, dass der Navigationsfehler zu groß ist, werden zusätzliche Tests ausgeführt um zu bestimmen, ob eines oder mehrere ephemeridische Updates eine akzeptable Navigationslösung liefern können (d. h. der Test, der durch Gleichung (12) beschrieben wird ist fehlgeschlagen). Alternativ kann der Test auch dazu benutzt werden, um zu bestimmen, ob ein oder mehrere ephemeridische Updates eine signifikante Reduzierung des vorhergesagten Navigationsfehlers bewirken. Diese Tests entfernen den Beitrag von ephemeridischen Fehlern (da sie auf die entsprechenden Elemente von R wirken) in Gleichung (9) oder (10); vielleicht skaliert durch Gleichung (11). Der Test, der durch Gleichung (12) beschrieben wird, wird dann wiederholt um zu bestimmen, ob die ephemeridische Updates für den zu testenden Satelliten oder die zu testenden Satelliten die Navigationslösung akzeptabel machen. Die Tests werden für alle Satelliten mit einer mindestens vier Stunden alten Ephemeride ausgeführt, fortführend von der ältesten Ephemeride und dem Einbinden vorher getesteter Satelliten in jedem neuen Testsatz. Dadurch wird die minimale Anzahl von ephemeridischen Updates, die benötigt wird um eine akzeptable Navigationsleistung zu ermöglichen, nachgefragt und auf diese Weise wird die Anzahl der ephemeridischen Updates minimiert.

#### Vorhersage der örtlichen Dekorrelation von ephemerischen Fehlern

Es wird nochmals bezug genommen auf Fig. 13, in der die Geometrie, die mit der örtlichen Dekorrelation der ephemerischen Fehler assoziiert wird, dargestellt ist. Nimmt man einen separierenden Abstand d zwischen MS und RS und eine radiale und entlang der Spur (along-track: at) Komponente des ephemerischen Fehlers  $\delta p_r$  und  $\delta p_{at}$  an, ist die Differenz im Bereichsfehler gemessen durch die MS und RS proportional zum Sinus des Winkels  $\theta$  (für große along-track Komponenten) und proportional zu eins minus dem Kosinus  $\theta$  (für die radiale Komponente). Weil der Abstand zu den GPS Satelliten so groß ist (mindestens drei Erdradien), kann  $\theta$  als klein angenommen werden und daher wird der along-track Fehler dominant sein. Gleichung (13) stellt die Empfindlichkeit der örtlichen Dekorrelation zu diesem Fehler bereit:

$$\delta PR = (d/3 R_e) \delta p_{at} \quad (13)$$

Für einen 20 Kilometer großen Abstand, zeigt Gleichung (13), dass ein ephemeridischer Fehler von einem Kilometer (in along-track Richtung angenommen) in nur einen residualen Pseudobereichsfehler von einem Meter resultiert, nachdem eine differenzielle Korrektur angewandt wurde. Daher kann der Gebrauch von differenziellen Korrekturen das Ausnutzen eines alten Ephemeridesatzes durch die MS erlauben, solange die IODE Werte zwischen dem MS und RS übereinstimmen. Die Voraussetzung ist, dass die Software, die die differenzielle Korrektur generiert, zusätzliche Ephemeridesätze speichert und die Korrekturen für die entsprechenden Sätze erzeugt. Von ephemeridischen Daten die zehn Stunden alt sind (Fig. 14) kann ausgegangen werden, dass sie eine Degradation von ungefähr 250 Metern erzeugen, also einen Sigma, gut innerhalb des akzeptierbaren Bereichs der durch Gleichung (13) vorhergesagt wird, da der schlimmste Fall für einen ephemeridischen Fehler, der durch vier-Sigma beschrieben wird, einen Fehler von einem Kilometer erzeugt.

Die Kurven in Fig. 14 zeigen die Vorhersage für den eins-Sigma Fehler in Zusammenhang mit der auf der Ephemeride basierten GPS Satelliten Positionsabschätzung als eine Funktion des ephemeridischen Alters. Sie wurden hergeleitet aus der Analyse von GPS ephemeridischen Daten, die einem kompletten Tagessatz an Daten entsprechen, wobei eine präzise Ephemeride, die im Internet von dem Jet Propulsion Laboratory (sub-Meter Genauigkeit) zur Verfügung gestellt wird, als wahre Quelle benutzt wurde.

#### Rechtfertigung der ephemeridischen Übertragungskompression von PRC und RRC Differenzen

Der (eins-Sigma) Fehler, der durch die selektive Verfügbarkeits (SA) Schwankungen auf Grund der Latenz der differenziellen Korrekturdaten induziert wird, ist gegeben durch:

$$\sigma_{SA} = \sigma_{SAacc} \Delta t^2 / 2 \quad (14)$$

Für  $\Delta t = 30$  Sekunden und  $\sigma_{SAacc} = 0.005 \text{ m/sec}^2$  (Erfahrungswerte mit SA zeigen, dass es sich hier um eine vernünftige und konservative Zahl handelt) nimmt der eins-Sigma Latenz Fehler 2,25 Meter an, bzw. im Fall des schlimmsten Fehlers (drei-Sigma) 7,75 Meter. Diese Zahl wird als Basis zum Vergleich der Größenordnung der Effekte der latenten  $\Delta PRC$  Werte dienen: Ist der schlimmste Fehler der durch die  $\Delta PRC$  Latenz induziert wird kleiner als der Fehler, der dem SA zuzuschreiben ist, wird die Latenz als akzeptabel bewertet.

Zu bemerken ist, dass der Effekt durch die  $\Delta PRC$  Latenz sowohl Geschwindigkeits- als auch Beschleunigungseffekte berücksichtigt, da in der Übertragungsnachricht nicht die  $\Delta PRC$  Werte beinhaltet. Die Auswirkungen des Geschwindigkeitsfehlers können durch Referenz zur eins-Sigma Geschwindigkeitsfehlerkurve in Fig. 16 zugänglich gemacht werden. Blickt man ausgehend vom Zeitpunkt der Verfügbarkeit der Ephemeride (durch  $t_{oe}$  bezeichnet) zehn Stunden (den schlimmsten Fall vorausgesetzt) voraus, ist der eins-Sigma radiale Geschwindigkeitsfehler ungefähr 0,033 m/sec. Daher erzeugt eine 60 Sekunden Latenz einen eins-Sigma Fehler von 1,98 Meter oder im schlimmsten Fall 5,94 Meter, weniger als der Fehler, der durch SA für mehr als 30 Sekunden erzeugt wird. Zu bemerken ist, dass sich die Latenz mit einer Verkleinerung der Zeit von  $t_{oe}$  reduziert, und zwar ungefähr linear: z. B. für  $\Delta PRC$  Werte die einer Ephemeride, die nur sechs Stunden alt ist, entspricht, verkleinert sich der größt mögliche Fehler auf 2,7 Meter. Daher liegt es Nahe, dass  $\Delta PRC$  Werte, die aktuelleren ephemeridischen Daten entsprechen, weniger frequent gesendet werden, um zusätzliche Bits zu sparen. Die Beschleunigungsfehler, auch wenn sie nicht in der Analyse der ephemeridischen Daten eingeschlossen sind, werden als klein angenommen, da die Fehler naturgemäß sinusförmig sind, mit einer Periode des Sinus gleich der orbitalen Periode. Der größt anzunehmende Beschleunigungsfehler kann daher festgesetzt werden, wenn man den maximalen Geschwindigkeitsfehler (für eine zehn Stunden alte Ephemeride) nimmt und ihn durch die orbitale Periode teilt. Daraus resultiert ein Wert von 1,4  $\mu\text{g}$ , welcher einen Positionsfehler von 0,05 Meter nach sechzig Sekunden erzeugt.

Bezugnehmend auf Fig. 17-20 ist eine andere Auswirkungsform der gegenwärtigen Erfindung dargestellt. Diese andere Auswirkungsform der gegenwärtigen Erfindung unterscheidet sich von der bevorzugten hier beschriebenen Auswirkungsform in dem Punkt, dass die bevorzugte Auswirkungsform eine Basisstation Subsystem (BSS) ist und eine BSS-basierende SMLC 112 besitzt, während die andere Auswirkungsform die in Fig. 17 bis 20 dargestellt ist, eine Netzwerksystem Subsystem (NSS) ist.

Fig. 17 ist das Systemdiagramm der anderen Auswirkungsform der gegenwärtigen Erfindung einschließlich eines NSS basierten SMLC 112. Das System ist gleich zu dem in Fig. 1 dargestellten, außer dass der SMLC 112 an das MSC/VLR 122 statt an den BSC 110 angeschlossen ist.

Fig. 18 zeigt die Architektur, die fähig ist die Standort Service (LSC) zu unterstützen gemäß der anderen Auswirkungsform der gegenwärtigen Erfindung, die in Fig. 17 dargestellt ist. Die detaillierte Diskussion dieser Architektur ist sehr ähnlich zur Beschreibung der Fig. 2, außer, dass dies eine Architektur für einen NSS basierten SMLC 112 ist. Mit anderen Worten unterstützt diese Architektur die Positionierung einer Ziel MS 104 über die Signalgebung auf die LS Schnittstelle 702 zur besuchten MSC 122. Der Rest der Beschreibung in Fig. 2 sollte auf diese Figur anwendbar sein. Das MSC 122 beinhaltet die Funktionalität, die für die MS Abonnement Autorisierung und das Verwalten Ruf-bezogene und nicht Ruf-bezogene Positionsbestimmungsanfragen der GSM LCS, verantwortlich ist. Der MSC 122 ist zugänglich für das GMLC 124 mittels LgG Schnittstelle und das SMLC 112 mittels Ls Schnittstelle 702. Die Signalgebung zwischen einem NSS basierten SMLC 112 und einer LMU 142, 143 geschieht mittels MSC 122, das die LMU 142, 143 bedient, indem die Ls Schnittstelle 72 und entweder die Um Schnittstelle (Luftschnittstelle zu einer LMU) für eine Typ A LMU 142 oder der Abis Schnittstelle für eine Typ B LMU 143 verwendet werden.

Die Fig. 19 zeigt Protokollebenen, die verwendet werden, um Signalgebungsprotokolle zwischen dem SMLC 112 und der Ziel MS 104 mit einem NSS basierten SMLC 112 zu unterstützen gemäß der anderen Auswirkungsform der gegenwärtigen Erfindung, die in Fig. 17 dargestellt ist. Die Details der Signalgebung zwischen dem SMLC 112 und der MS 104 sind ähnlich zur Signalgebung, die hier in Fig. 4 betrachtet wurde, außer, dass die Signalgebung zwischen der SMLC 112 zum MSC 122 in einem NSS-basierenden System nicht direkt und unbedingt Signalgebung von dem SMLC 112 zum MSC 122 und damit auch zum BSC 110 beinhaltet. Die Signalgebungsprotokolle und deren Verwendung sind denjenigen allgemein bekannt, die mit GSM Systemen und den darin verwendeten Protokollen vertraut sind.

Bezugnehmend auf Fig. 20, gemäß der anderen Auswirkungsform der gegenwärtigen Erfindung, die hier diskutiert wird, sind zwei Datenflüsse gezeigt: Positionierungsablauffluss und der Assistenzdatenfluss. Der Belieferungsfluss der Assistenzdaten für alle Standortverfahren, die mit der NSS basierten SMLC 112 der Fig. 17 und 18 benutzt werden, sind in Fig. 20 dargestellt. Da die Standortverfahren der NSS-basierenden SMLC sehr ähnlich sind zu den BSS basierten, die in Fig. 5 und 6 dargestellt sind, bis auf den Positionierungsverfahren/Assistenzdatenfluss, kann man Bezug nehmen auf die Fig. 5 und 6 für die gleichen Schritte, die in Fig. 20 nicht gezeigt sind. Das auf NS basierte SMLC Positionierungsverfahrensfluss besteht aus: (a) das SMLC bestimmt mögliche Assistenzdaten und sendet ein RRLP MESSE POSITION Anfrage zum MSC und der MSC leitet eine RRLP MESSE POSITION Anfrage zum BSC; (b) der BSC sendet einen Positionierungsanfrage zusammen mit einem QoS und irgendwelchen Assistenzdaten zum MS in einer RRLP MESSE POSITION Anfrage; (c) zur Verfügung gestellte Standortgeheimhaltung ist nicht aktiviert im MS oder aktiviert aber überschrieben, um den Standort für einen Notruf zu erhalten. Die MS führt die angeforderte GPS Messungen aus (Falls es der MS möglich ist die eigene Position zu berechnen, was nötig ist, berechnet das MS eine GPS Standortabschätzung. Falls notwendige Daten, um diese Operationen durchzuführen, werden entweder durch die RRLP MESSE POSITION Anfrage zur Verfügung gestellt oder sind verfügbar von Übertragungsquellen) und die resultierenden GPS Messungen oder GPS Standortabschätzungen werden zum BSC zurückgeführt in einer RRLP MESSE POSITION Antwort; (d) falls es der MS nicht möglich war die notwendigen Messungen durchzuführen oder einen Standort zu berechnen, wird eine Fehlermeldung zurückgeschickt; (e) der BSC sendet Messungsergebnisse in einer MESSE POSITION Anfrage innerhalb einer BSSMAP Standortinformationsbericht Nachricht zum MSC; und (f) das MSC leitet die Messungsergebnisse in einer MESSE POSITION Antwort innerhalb einer LCS Informationsbericht Nachricht zum SMLC.

Der auf NSS basierende SMLC Assistenzdatenfluss besteht aus: (a) das SMLC bestimmt die Assistenzdaten und sen-

der die RRLP ASSISTENZDATEN-Nachricht an das MSC; (b) das MSC leitet die RRLP ASSISTENZDATEN-Nachricht an den BSC weiter; (c) der BSC sendet die Assistenzdaten an die MS in Form einer RRLP ASSISTENZDATEN-Nachricht (falls die Assistenzdaten nicht in eine einzelne Nachricht passen, können Schritte (a), (b) und (c) wiederholt werden); (d) die MS bestätigt dem BSC in Form eines RRLP ASSISTENZDATEN ACK den Empfang der vollständigen Assistenzdaten; (e) der BSC sendet das RRLP ASSISTENZDATEN ACK an das MSC; und (f) das MSC leitet das RRLP ASSISTENZDATEN ACK an das SMLC weiter.

In anderen Aspekten des Verfahrens, insbesondere in Operationen bei der Mobilstation 104, verfährt das NSS basierende System wie oben beschrieben, gemäss der bevorzugten Ausführungsform der gegenwärtigen Erfindung.

Es wurde ein zellenförmiges Netzwerkprotokoll spezifiziert, das sowohl Übertragungs- als auch Punkt-zu-Punkt-Nachrichten unterstützt, um eine auf "Assisted GPS" basierende Positionsbestimmung für mobile Handgeräte zu unterstützen. Es ist offensichtlich, dass die gegenwärtige Erfindung gegenüber dem Stand der Technik mehrere Vorteile bietet. Zum Beispiel verringert die gegenwärtige Erfindung den zwischen Mobilstation und Netzwerk erforderlichen Datenfluss (Bandbreite) und verringert die Komplexität der Infrastruktur, indem Intra- und Inter-Tabellen, verwandte Datenstrukturen und Algorithmen und Intra- und Inter-SMLC-Kommunikation für die Erzeugung und die Pflege von ephemeridischen Daten nicht mehr nötig sind. Tatsächlich zeigt die oben diskutierte Analyse, dass der Datenfluss im Durchschnitt um mehr als 40% gegenüber ähnlichen konventionellen Verfahren reduziert wird.

Die Nachrichten und Kontrollmethoden der gegenwärtigen Erfindung repräsentieren eine Verbesserung gegenüber konventionellen Positionsbestimmungsverfahren, da diese Nachrichten und Methoden den erforderlichen Datenfluss im Netzwerk auf vorteilhafte Weise minimieren. Zum Beispiel reduziert das spezifizierte ephemeridische Punkt-zu-Punkt-Übertragungsverfahren die effektiv erforderliche Bitrate um mindestens 40%. Bezüglich seiner Punkt-zu-Punkt-Nachrichten kann das Protokoll als "handgeräte-zentrierter" Ansatz bezeichnet werden, um es von konventionellen "netzwerk-zentrierten" Ansätzen abzugrenzen.

Drei spezifische Innovationen der gegenwärtigen Erfindung zusammen minimieren die Anzahl der zu jedem Handgerät übertragenen erforderlichen Bits: ein Verfahren zur Verringerung oder zur Entfernung der Anforderungen für ephemeridische GPS-Updates auf jedes Handgerät; ein Verfahren zur Kontrolle der Rate, mit der das Netzwerk die Ephemeride jedes Handgeräts auf den neuesten Stand bringt, basierend auf eine ephemeridische Altersgrenze; und schließlich ein Verfahren, das jedes Mobilgerät verwenden kann, um festzustellen, wann ein ephemeridisches Update benötigt wird, basierend auf eine Genauigkeitsvorhersage und einem für jedes Mobilgerät individuellen Grenzwert.

In ephemeridischen Übertragungsnachrichten werden, gemäß der gegenwärtigen Erfindung, drei weitere spezifische Innovationen spezifiziert: die Verwendung berechneter Positionsdaten, statt ephemeridischer Elemente, die die effektive Bitrate um bis zu 50% reduziert; die Absorption der Zeit-Korrekturdaten des Satelliten in die Übertragungspositionsschätzungen, um sie nicht gesondert übertragen zu müssen; und ein Verfahren zur Komprimierung der differentiellen Korrektur-Übertragungsnachricht, basierend auf die Fehlercharakteristika des GPS.

Obwohl die Erfindung in der obigen Beschreibung und in den obigen Figuren beschrieben und illustriert wurde, handelt es sich hierbei nur um eine beispielhafte Ausführungsform der gegenwärtigen Erfindung und es können vom Fachmann viele Änderungen und Modifikationen vorgenommen werden, ohne vom wahren Geist und dem Rahmen der Erfindung abzuweichen. Zum Beispiel könnte die gegenwärtige Erfindung, obwohl sie in einer bevorzugten und einer weiteren Ausführungsform innerhalb eines zellenförmigen GSM-Systems beschrieben wurde, in andere Funk-Kommunikationssysteme implementiert werden. Demzufolge sollte unsere Erfindung nur durch die folgenden Ansprüche Beschränkung erfahren.

#### Patentansprüche

1. Verfahren mittels einem mobilen Funkkommunikationsgerät zur Bestimmung des Standortes des mobilen Handfunkgerätes, **gekennzeichnet durch** folgende Schritte:
  - Erhalt einer ephemeridischen Nachricht, wobei besagte ephemeridische Nachricht ephemeridische globale Positionierungssystemdaten (GPS Daten) für eine Vielzahl an GPS Satelliten und Zeitkorrekturdaten enthält;
  - danach Erhalt einer differentiellen Korrekturnachricht, die differentiellen Korrekturdaten enthält;
  - Bestimmung, ob die ephemeridischen GPS Daten für einen oder mehreren der GPS Satelliten auf den neuesten Stand gebracht werden müssen;
  - Anforderung einer Updatenachricht, die die auf den neuesten Stand gebrachten ephemeridischen GPS Daten enthält;
  - Erhalt der auf den neuesten Stand gebrachten Nachricht; und
  - Bestimmung des Standortes des mobilen Handfunkgerätes als Antwort auf die ephemeridischen GPS Daten, die Zeitkorrekturdaten, die differentiellen Korrekturdaten, und die auf den neuesten Stand gebrachten ephemeridischen GPS Daten.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Erhaltens einer ephemeridischen Nachricht durch den Schritt des Erhaltens einer ephemeridischen Punkt-zu-Punkt Nachricht, die insbesondere das mobile Handfunkgerät anspricht, charakterisiert ist, und dass der Schritt des Erhaltens einer differentiellen Korrekturnachricht durch den Schritt des Erhaltens einer differentiellen Punkt-zu-Punkt Korrekturnachricht, die insbesondere das mobile Handfunkgerät anspricht, bestimmt ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt der Bestimmung, ob die ephemeridischen GPS Daten für einen oder mehreren der GPS Satelliten auf den neuesten Stand gebracht werden müssen, durch die folgenden Schritte charakterisiert sind:
  - Berechnung eines errechneten Standorts des mobilen Handfunkgeräts; und
  - Bestimmung einer Genauigkeitsvorhersage des errechneten Standorts als Antwort auf den berechneten Standort, der ephemeridischen GPS Daten und der Zeitparameter.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt der Bestimmung einer Genauigkeitsvor-

hersage des berechneten Standorts charakterisiert ist durch den Schritt der Bestimmung einer Genauigkeitsvorhersage des berechneten Standorts als Antwort auf ein Alter der ephemeridischen GPS Daten und einer statistischen Beziehung des Alters zur Genauigkeit der berechneten Standorte.

5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt der Bestimmung, ob die ephemeridischen GPS Daten für einen oder mehreren der GPS Satelliten auf den neuesten Stand gebracht werden müssen, durch den folgenden weiteren Schritt der Bestimmung, ob die Genauigkeitsvorhersage des berechneten Standorts eine vorher bestimmte Genauigkeitsschwelle für besagte mobile Handfunkgeräte überschreitet, bestimmbar ist.

6. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der besagte Schritt der Bestimmung, ob die ephemeridischen GPS Daten für einen oder mehreren der GPS Satelliten auf den neuesten Stand gebracht werden müssen, durch den Schritt der Bestimmung, ob eine ephemeridische Altersgrenze, die besagter zellenförmiger Infrastruktur kürzlich mitgeteilt wurde, überschritten wurde, bestimmbar ist.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Erhaltens einer differentiellen Korrekturnachricht durch den Schritt des Erhaltens einer differentiellen Übertragungs-Korrekturnachricht, die mehr als ein mobiles Handfunkgerät anspricht, mit einer ersten Übertragungsrate gesendet wird und Korrekturdaten für mehrere ephemeridische Sätze enthält, bestimmbar ist.

8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Erhaltens einer ephemeridischen Nachricht durch den Schritt des Erhaltens einer ephemeridischen Übertragungsnachricht, die mehr als ein mobiles Handfunkgerät anspricht, charakterisiert wird, und dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Erhaltens einer differentiellen Korrekturnachricht durch den Schritt des Erhaltens einer differentiellen Punkt-zu-Punkt-Korrekturnachricht, die insbesondere das mobile Handfunkgerät anspricht, bestimmbar ist.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die differentiellen Korrekturdaten der differentiellen Korrekturnachricht aus Positionen einer Vielzahl von GPS Satelliten abgeleitet werden, wobei dazu die ephemeridischen Daten der ephemeridischen Übertragungsnachricht verwendbar sind.

10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die differentiellen Korrekturdaten der differentiellen Korrekturnachricht aus der Angleichung kürzlich erhaltener differentieller Korrekturdaten als Antwort auf die Zeitkorrekturdaten ableitbar sind.

11. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die ephemeridischen GPS Daten der ephemeridischen Übertragungsnachricht durch eine Position eines von mehreren GPS Satelliten und einer Geschwindigkeit eines von mehreren GPS Satelliten während eines Intervalls, das äquivalent zur Länge der ephemeridischen Übertragungsnachricht ist, bestimmbar sind.

---

Hierzu 25 Seite(n) Zeichnungen

---



- Leerseite -

FIG. 1

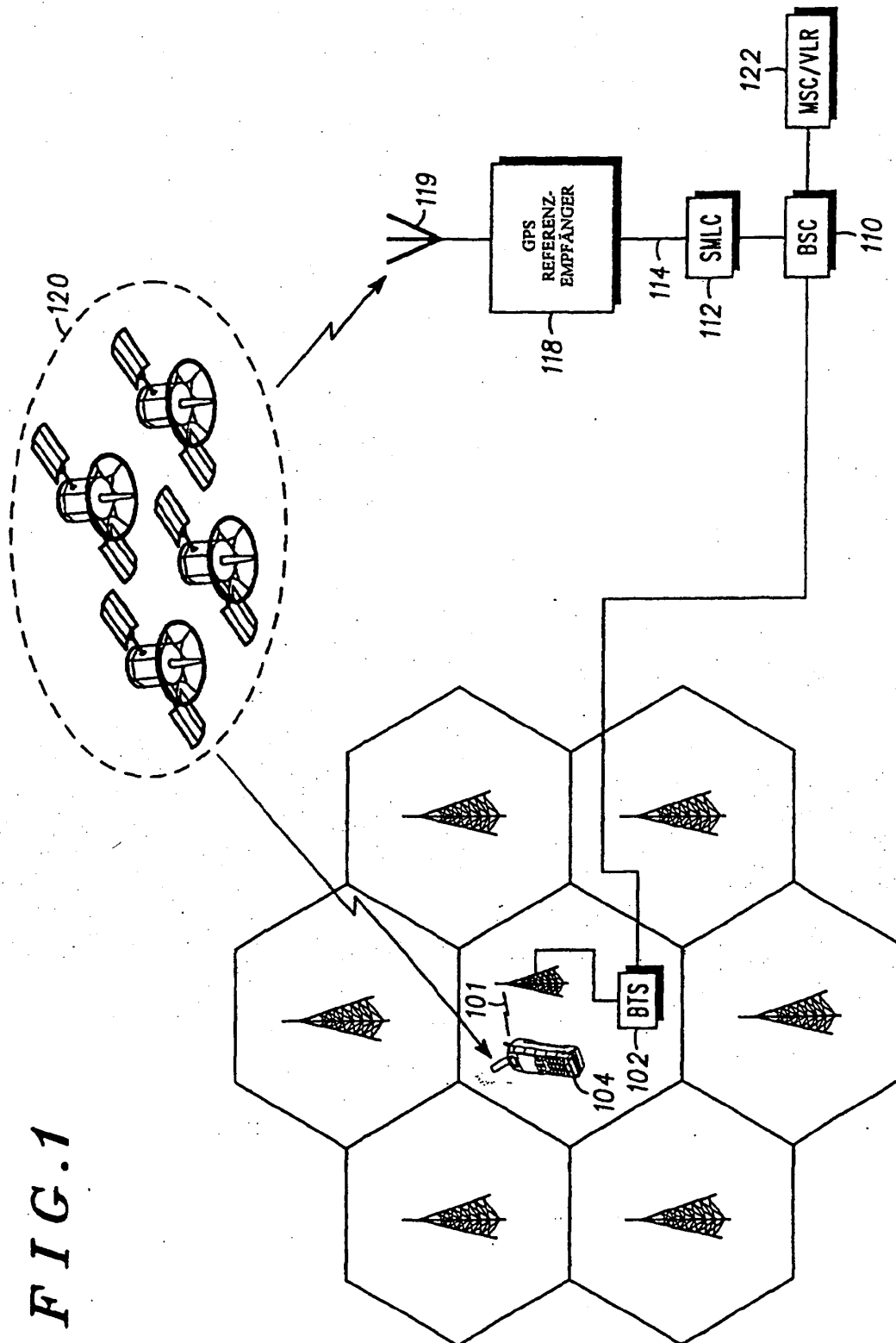
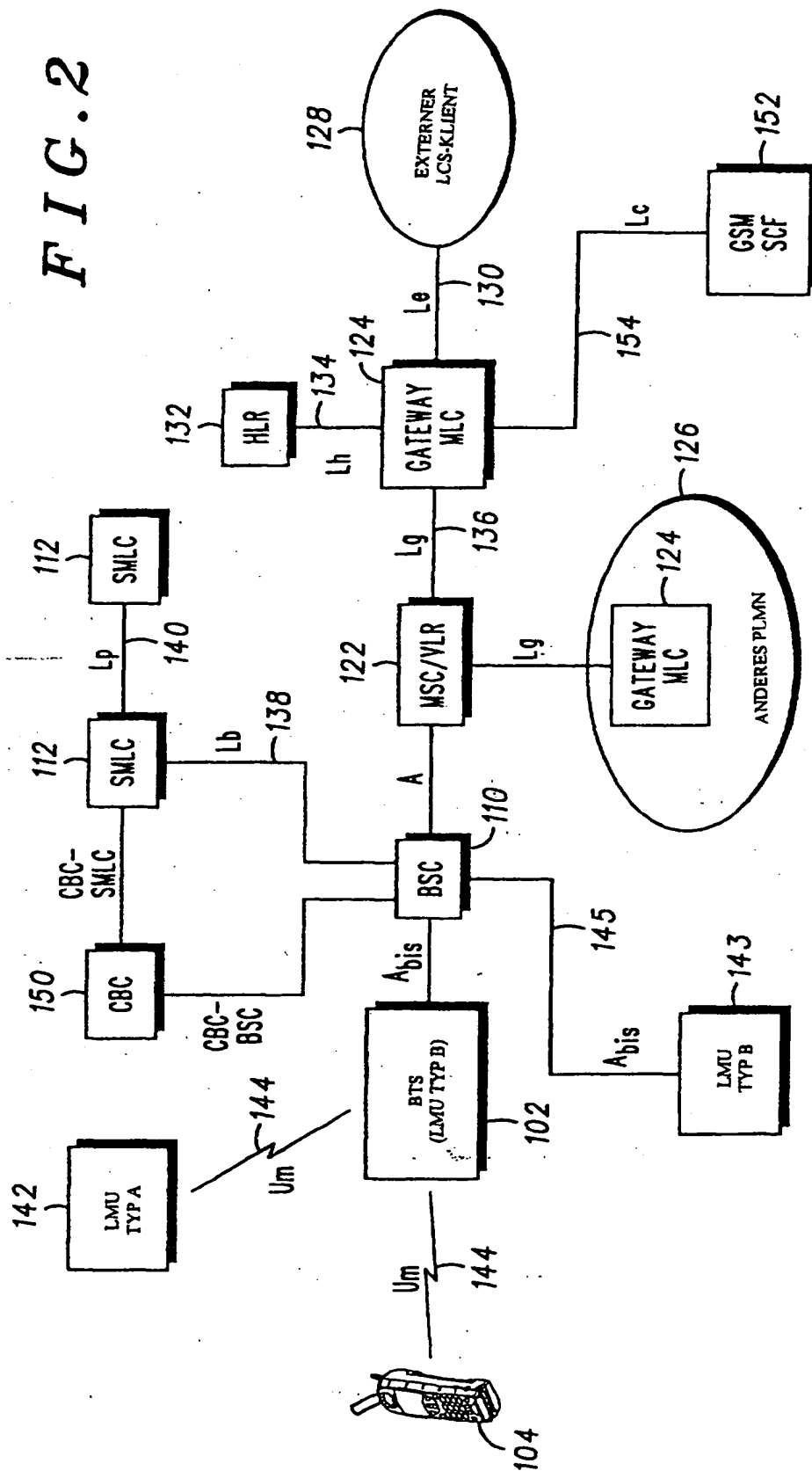


FIG. 2



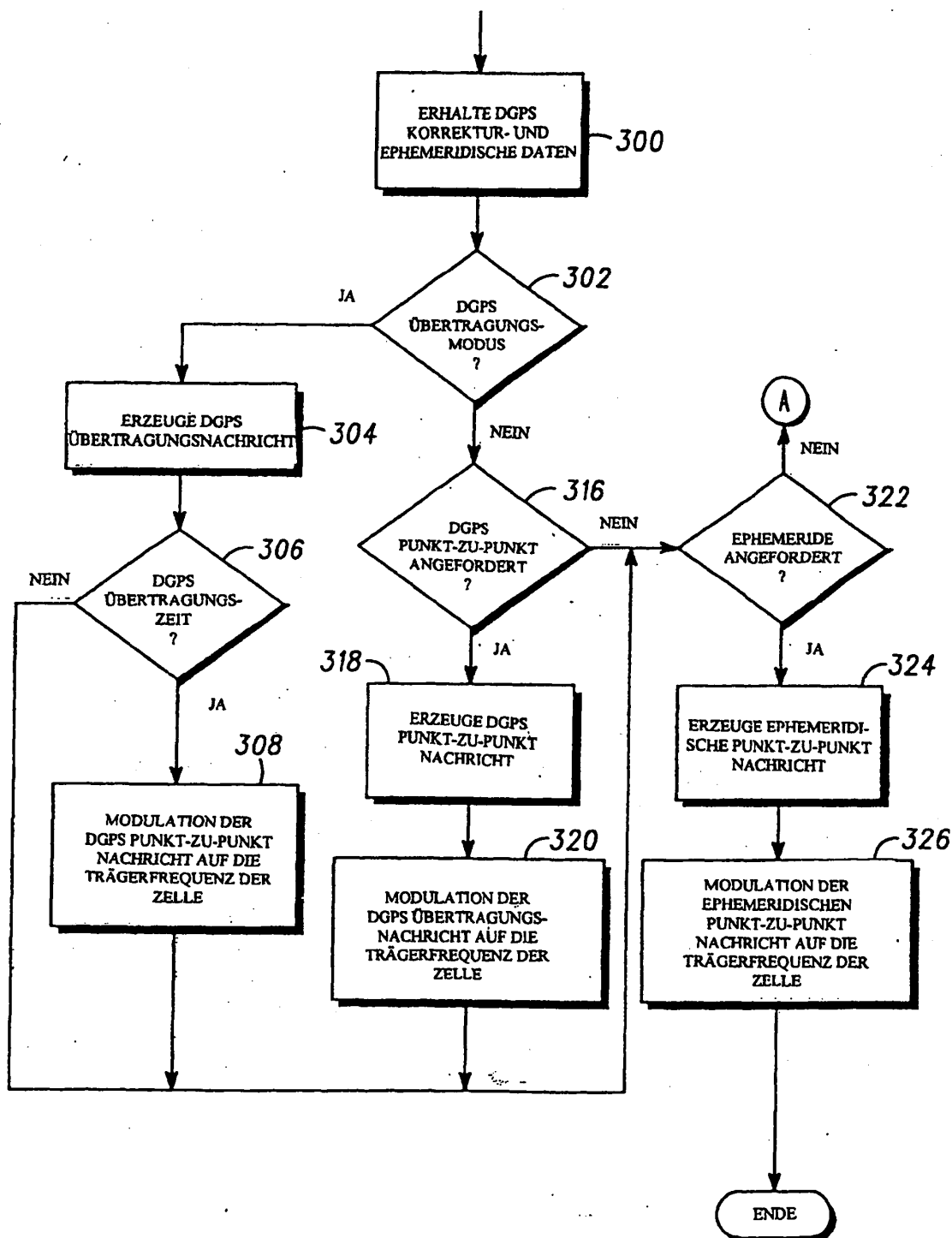
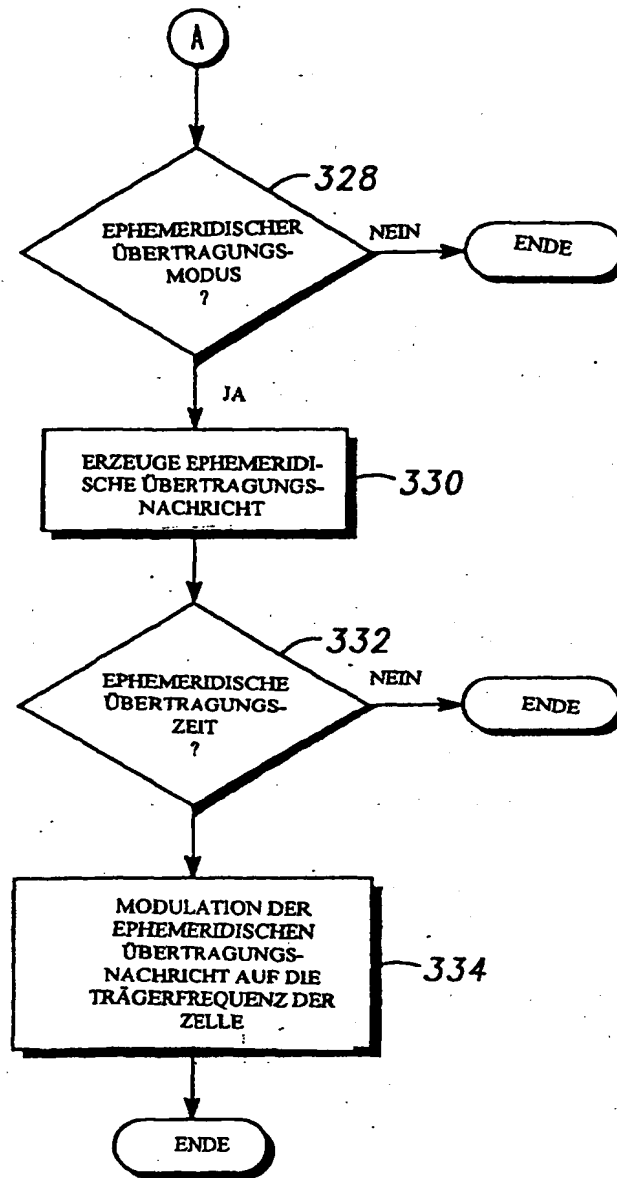


FIG. 3A

**FIG. 3 B**

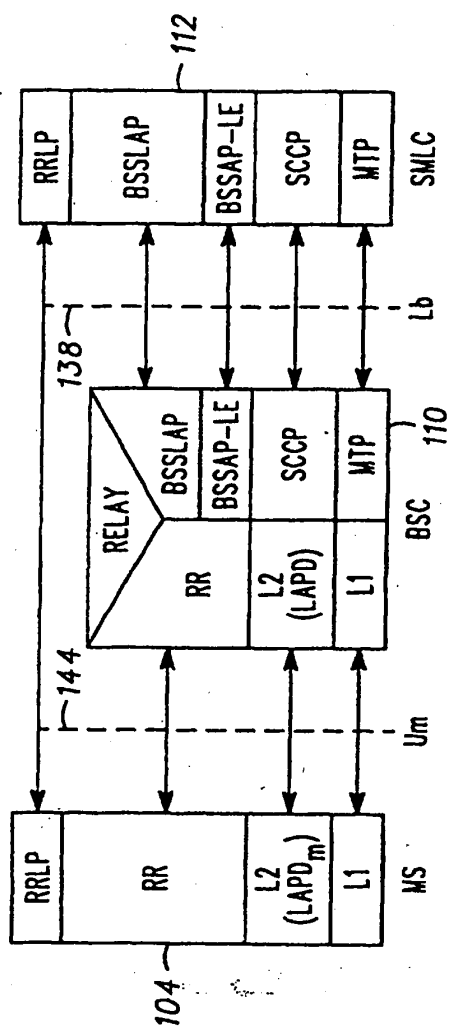


FIG. 4

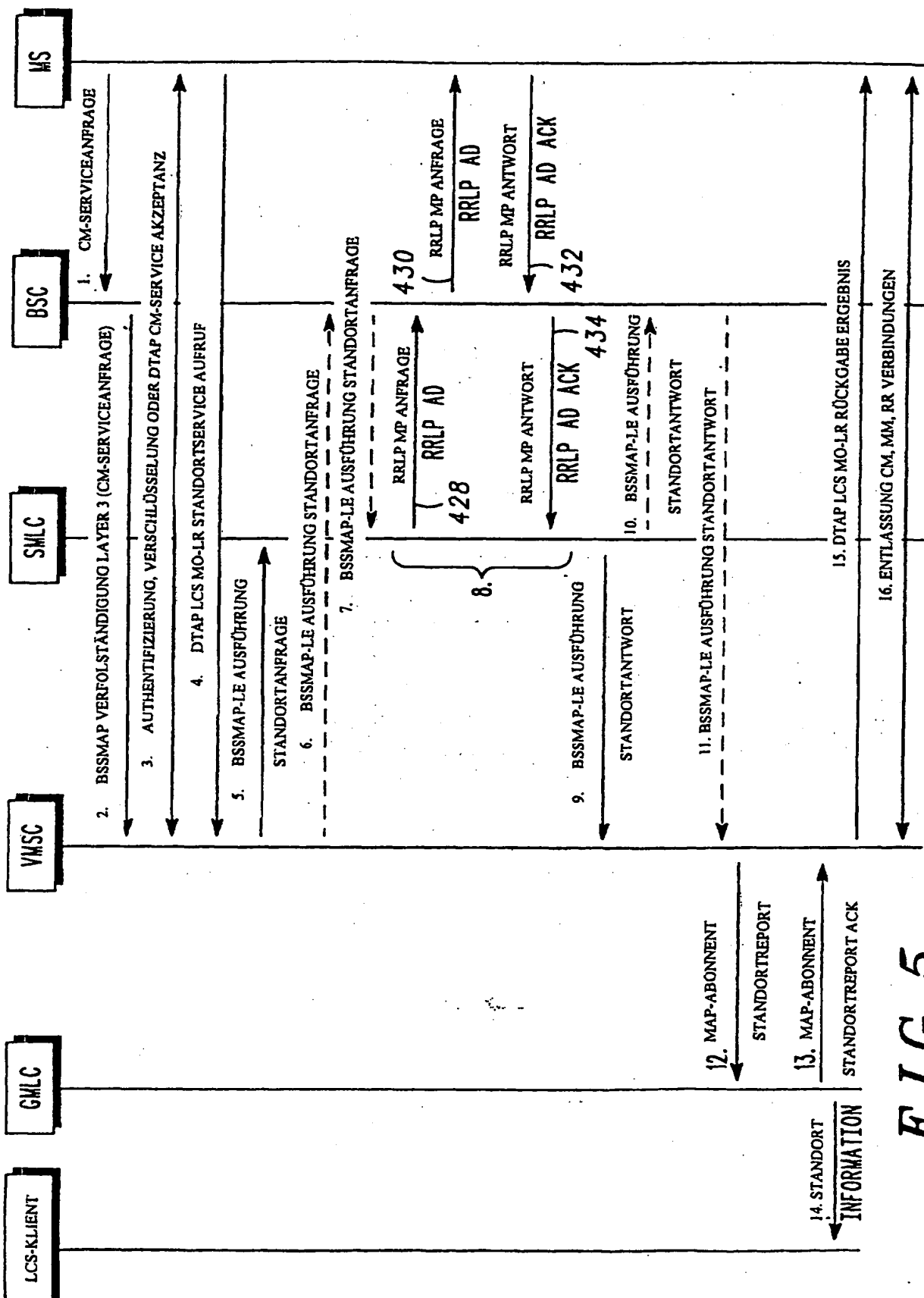


FIG. 5

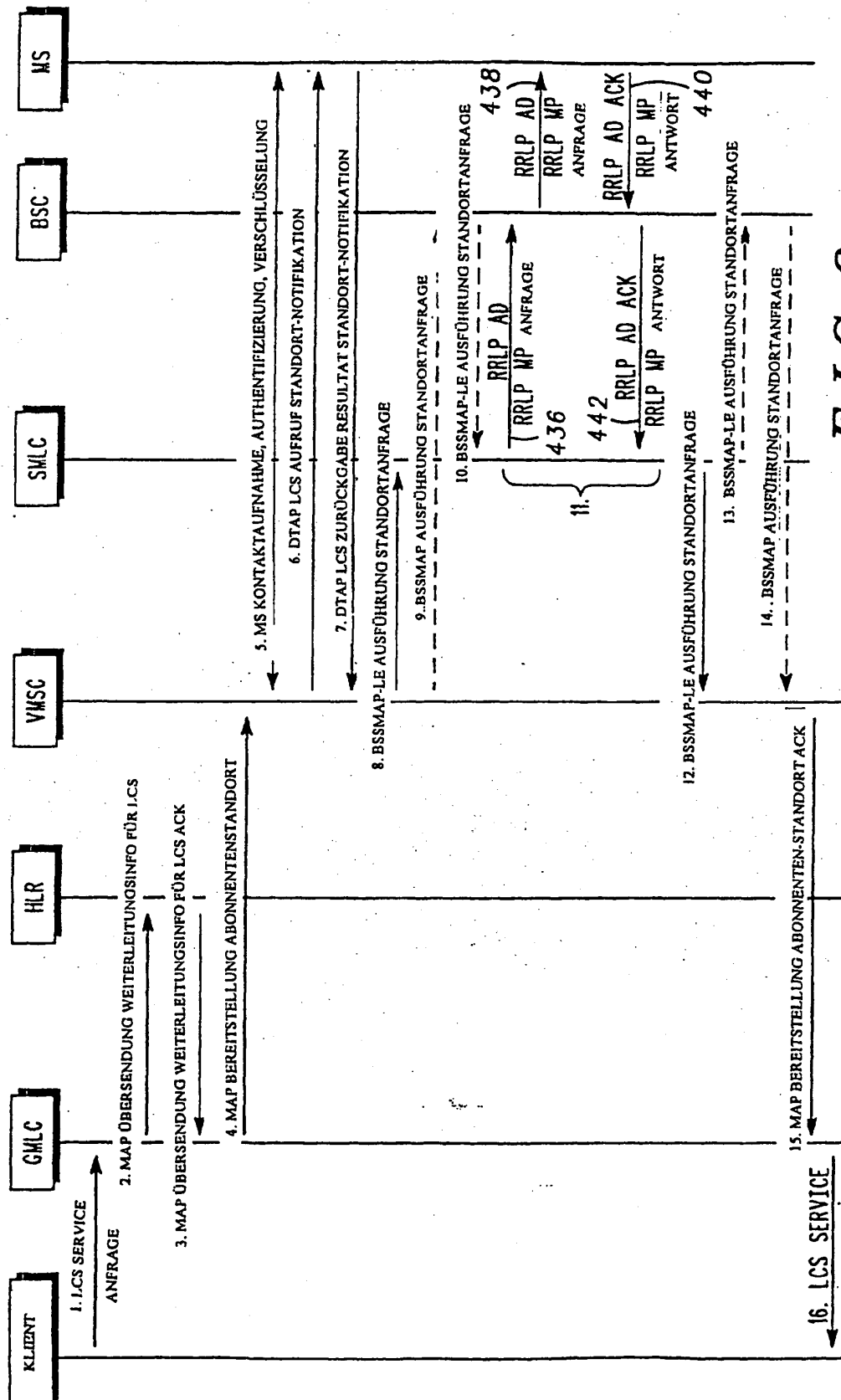


FIG. 6



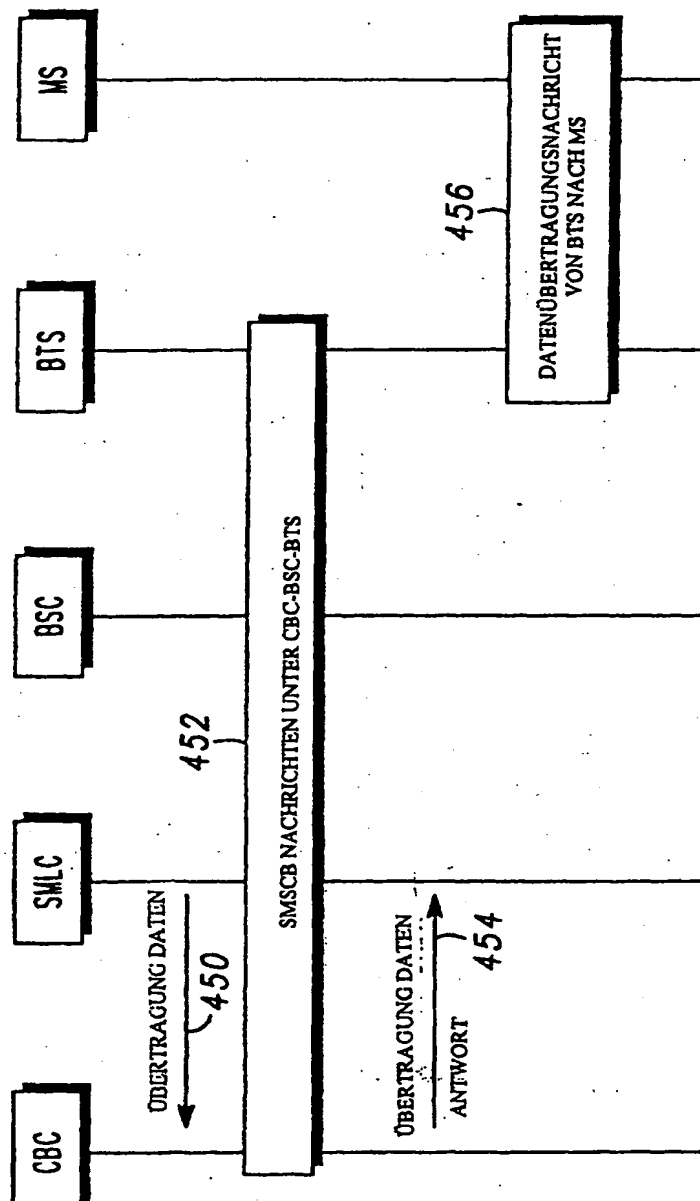
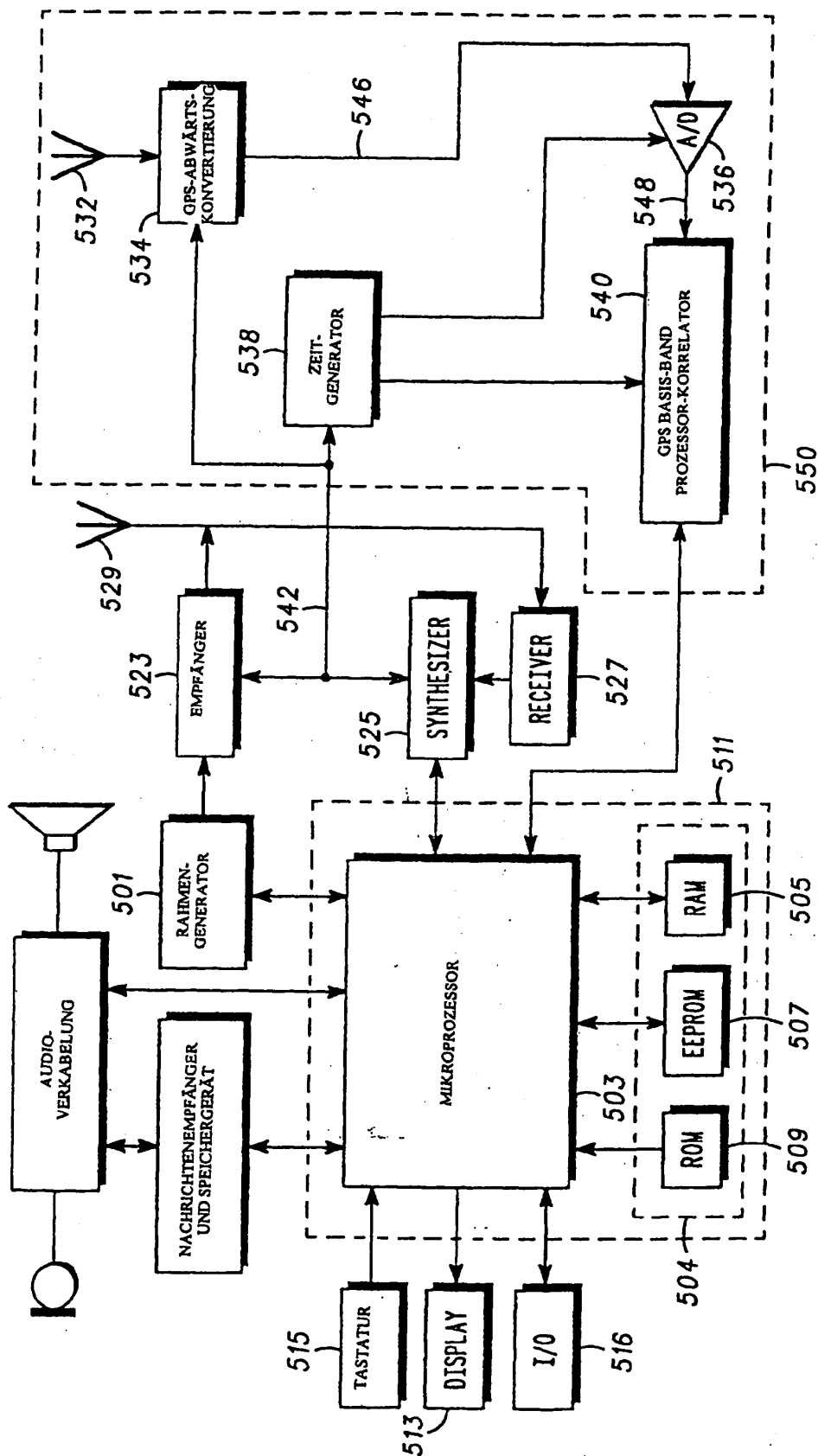


FIG. 7

FIG. 8



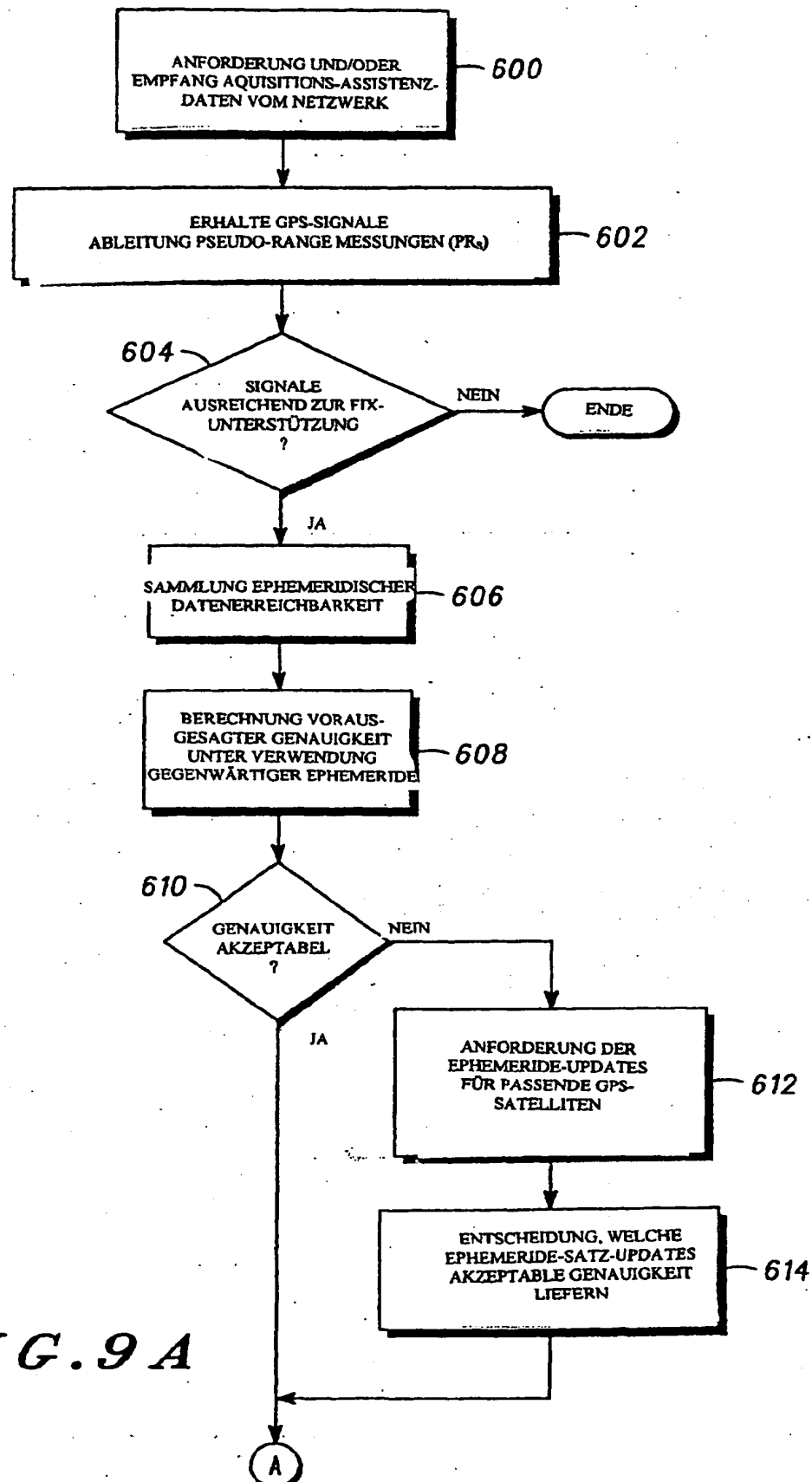
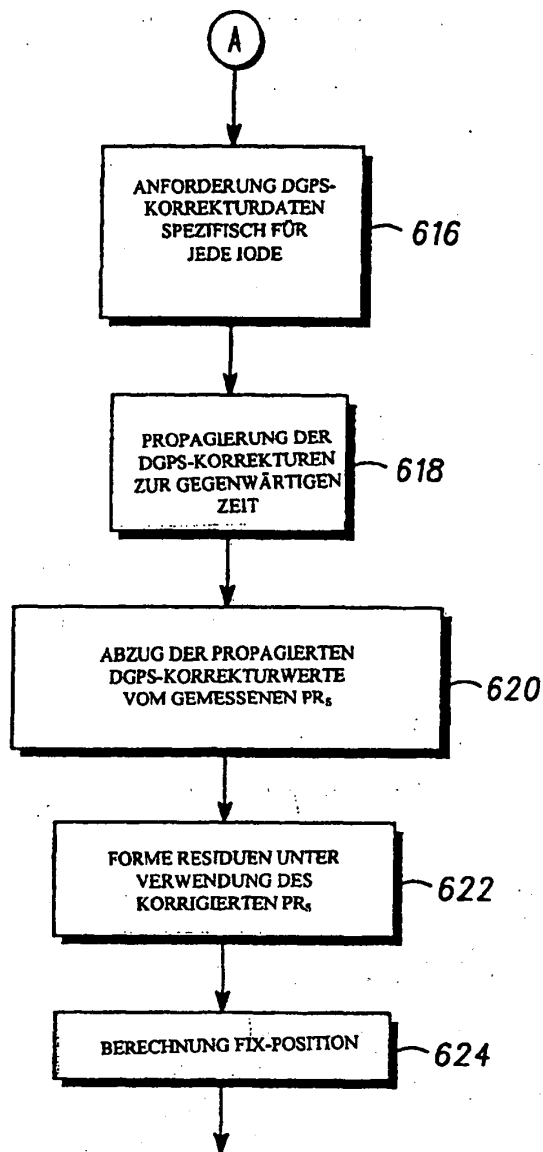


FIG. 9A



**FIG. 9B**

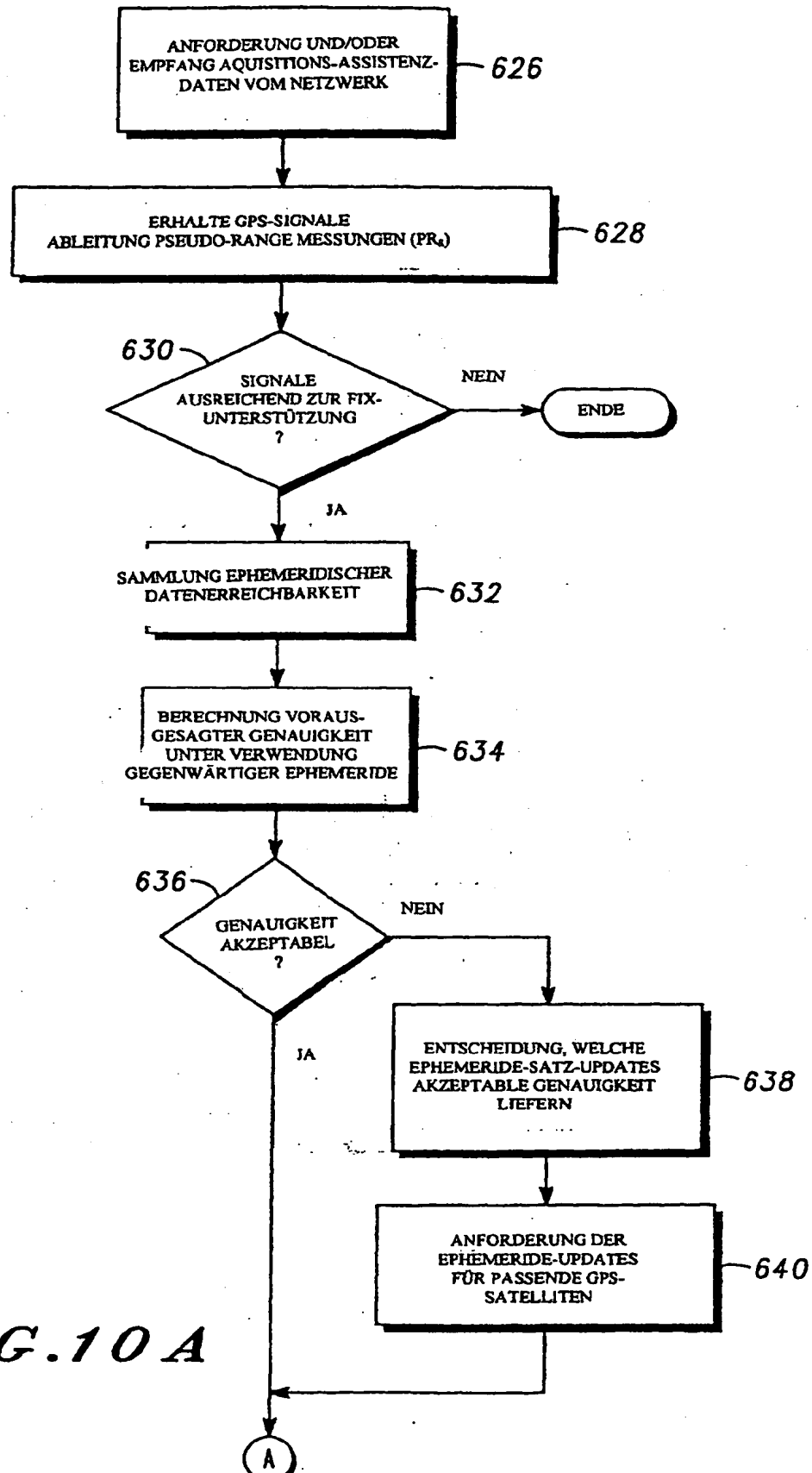
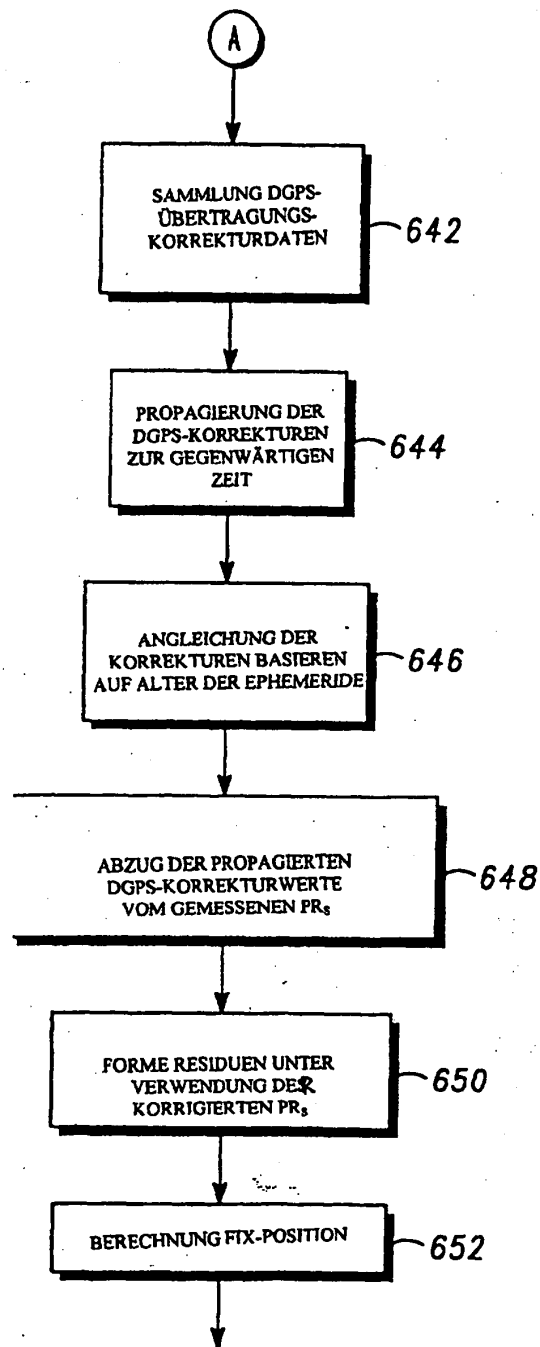
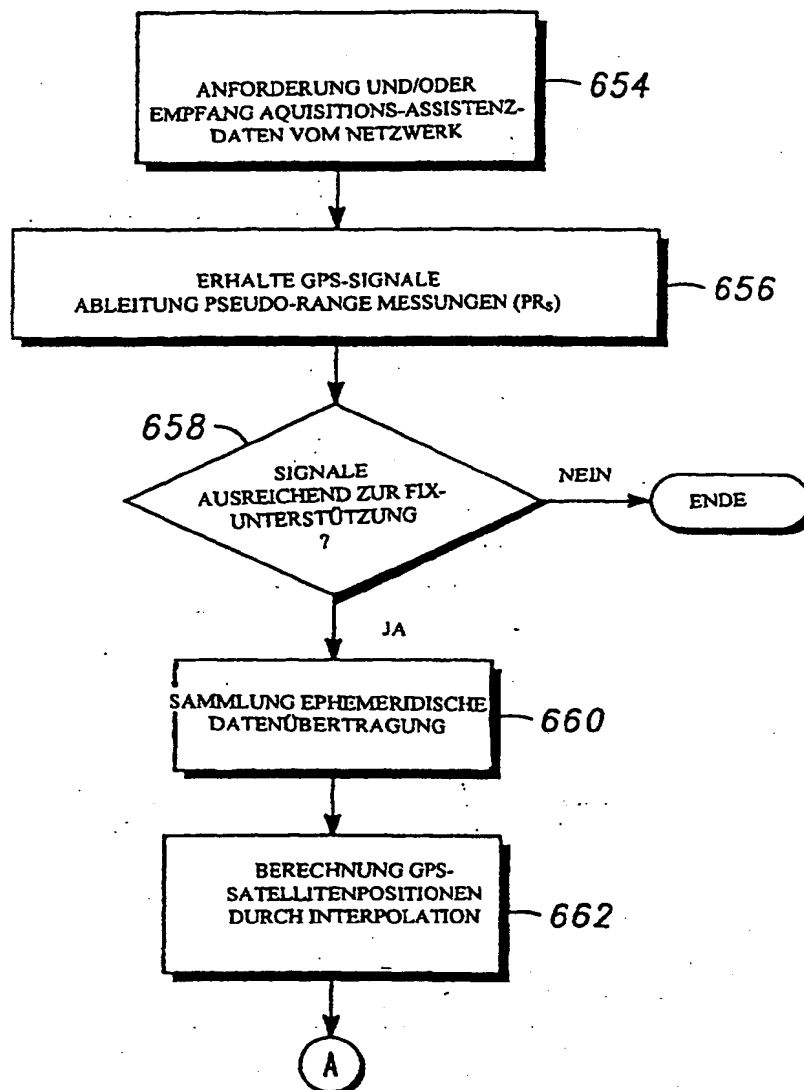
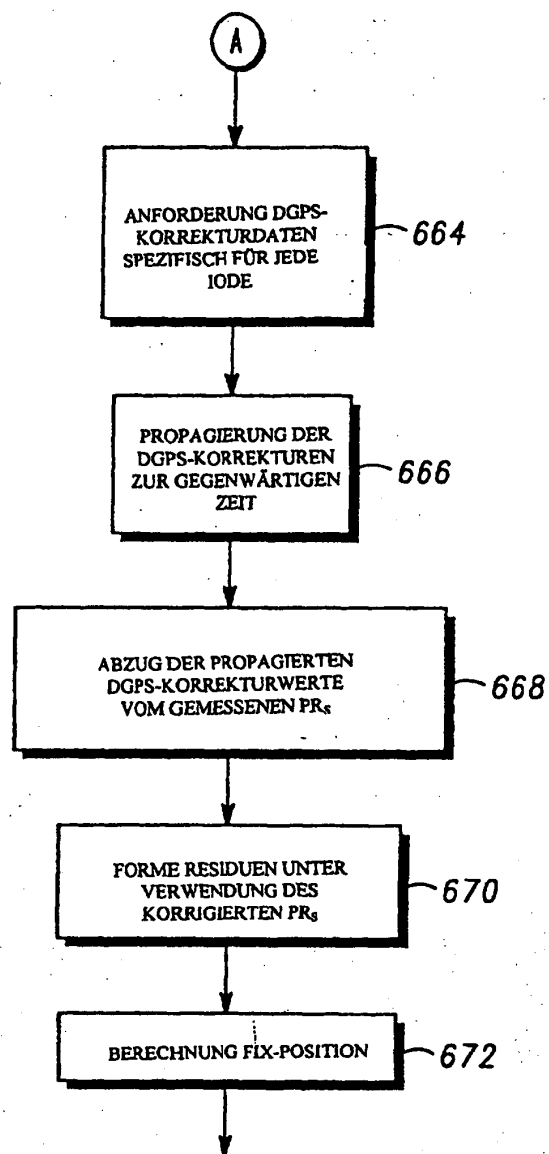


FIG. 10A

**FIG. 10 B**

*FIG. 11A*



**FIG. 11 B**



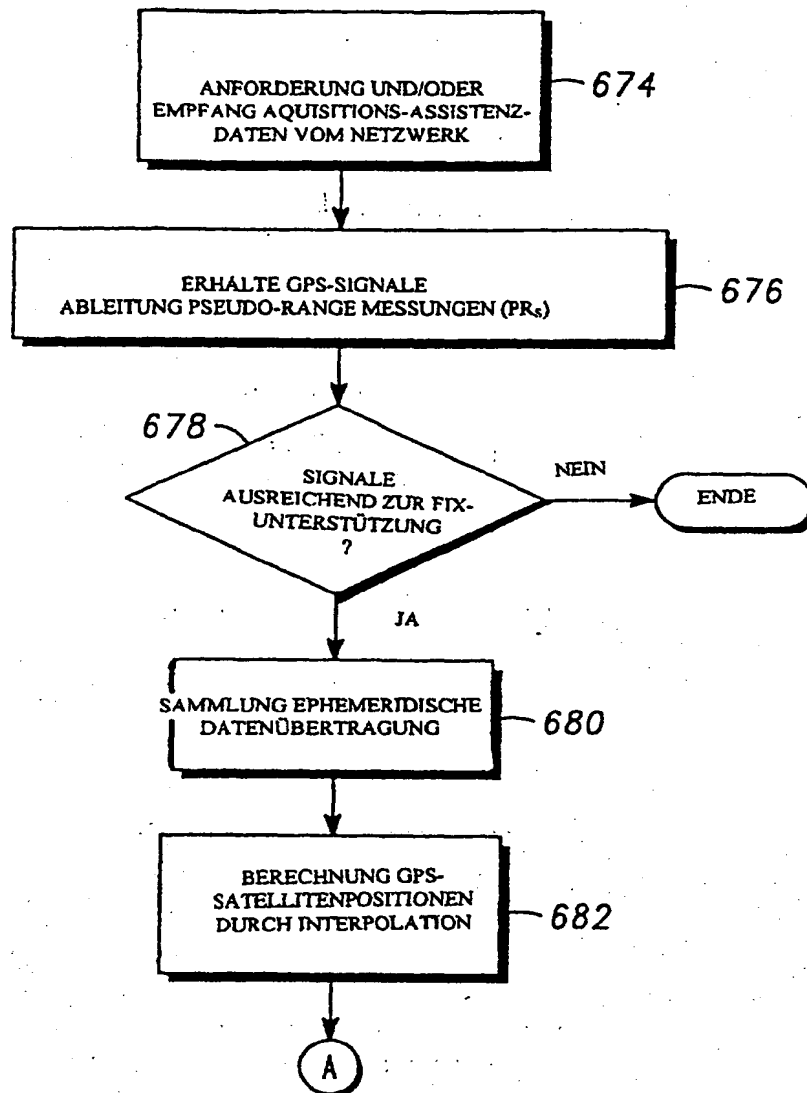


FIG. 12A

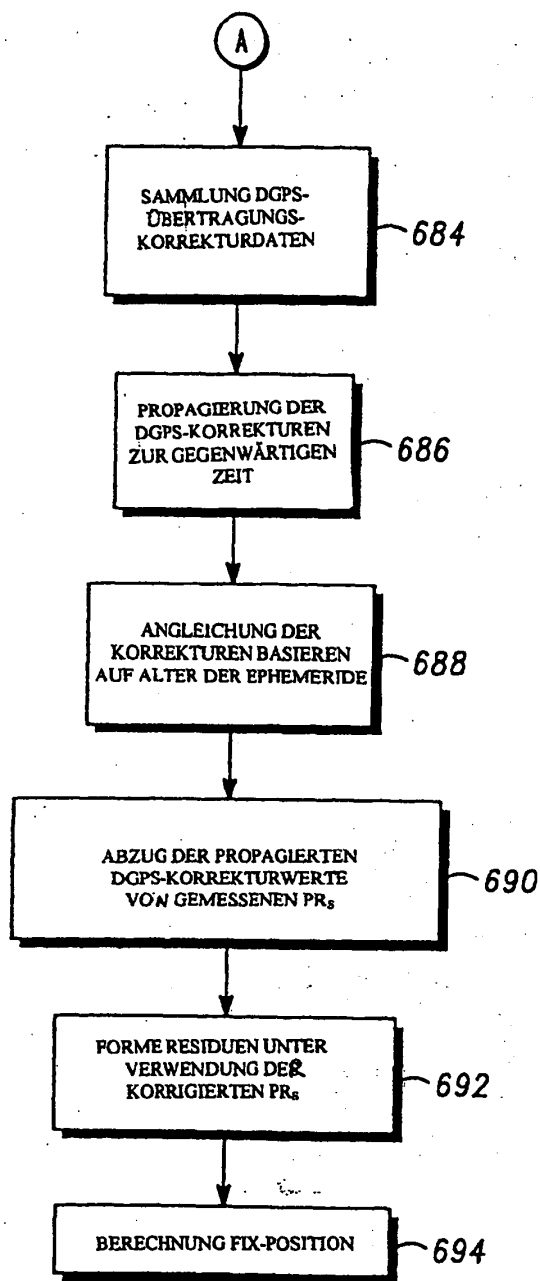


FIG 12B

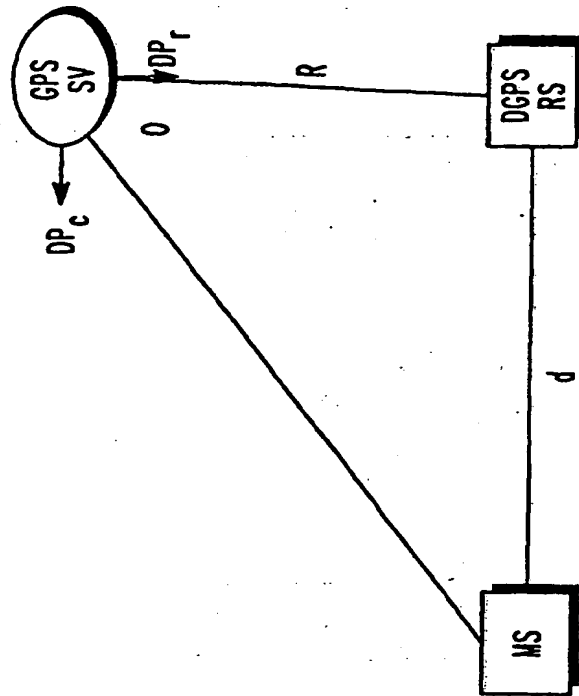
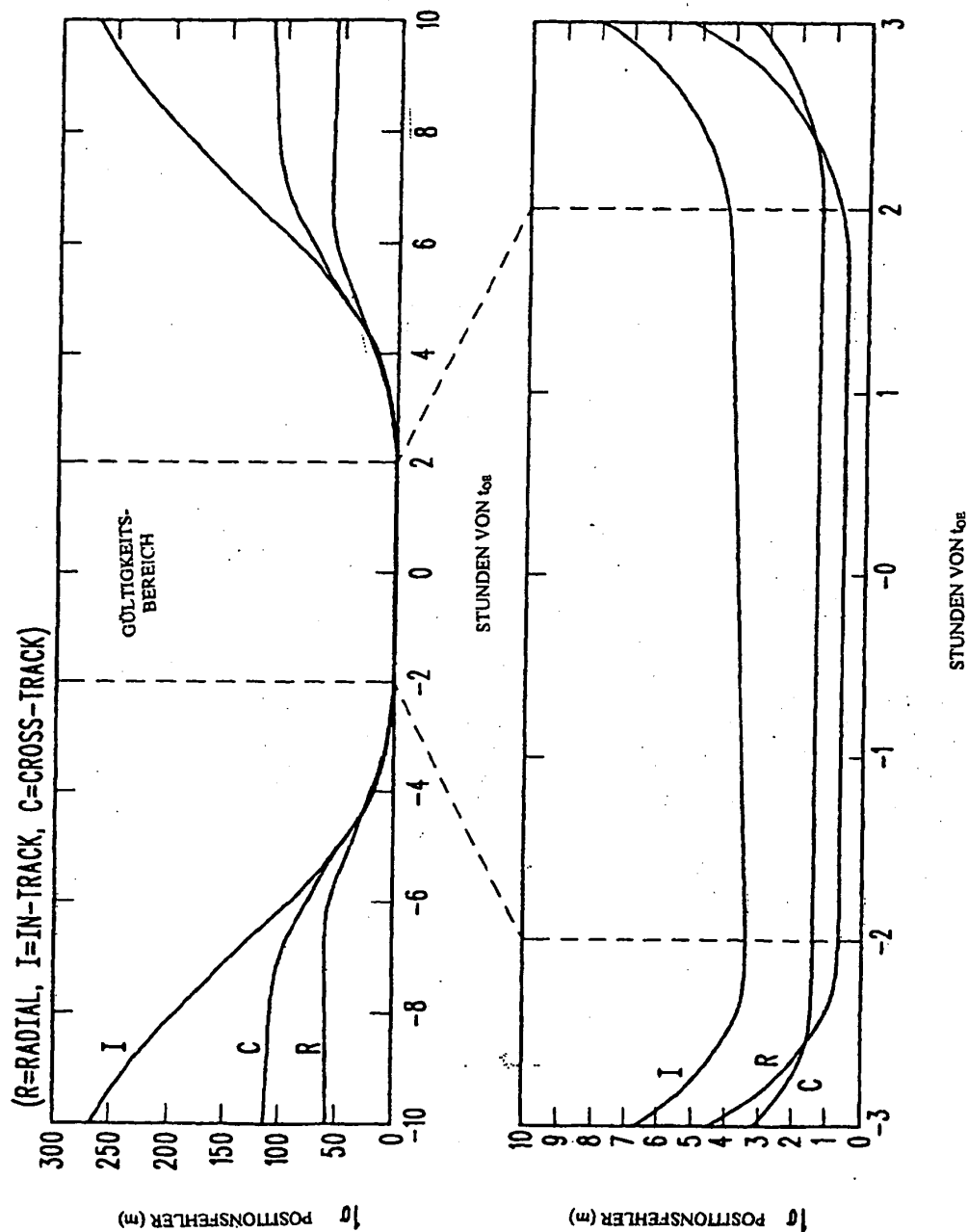


FIG.13

FIG. 14



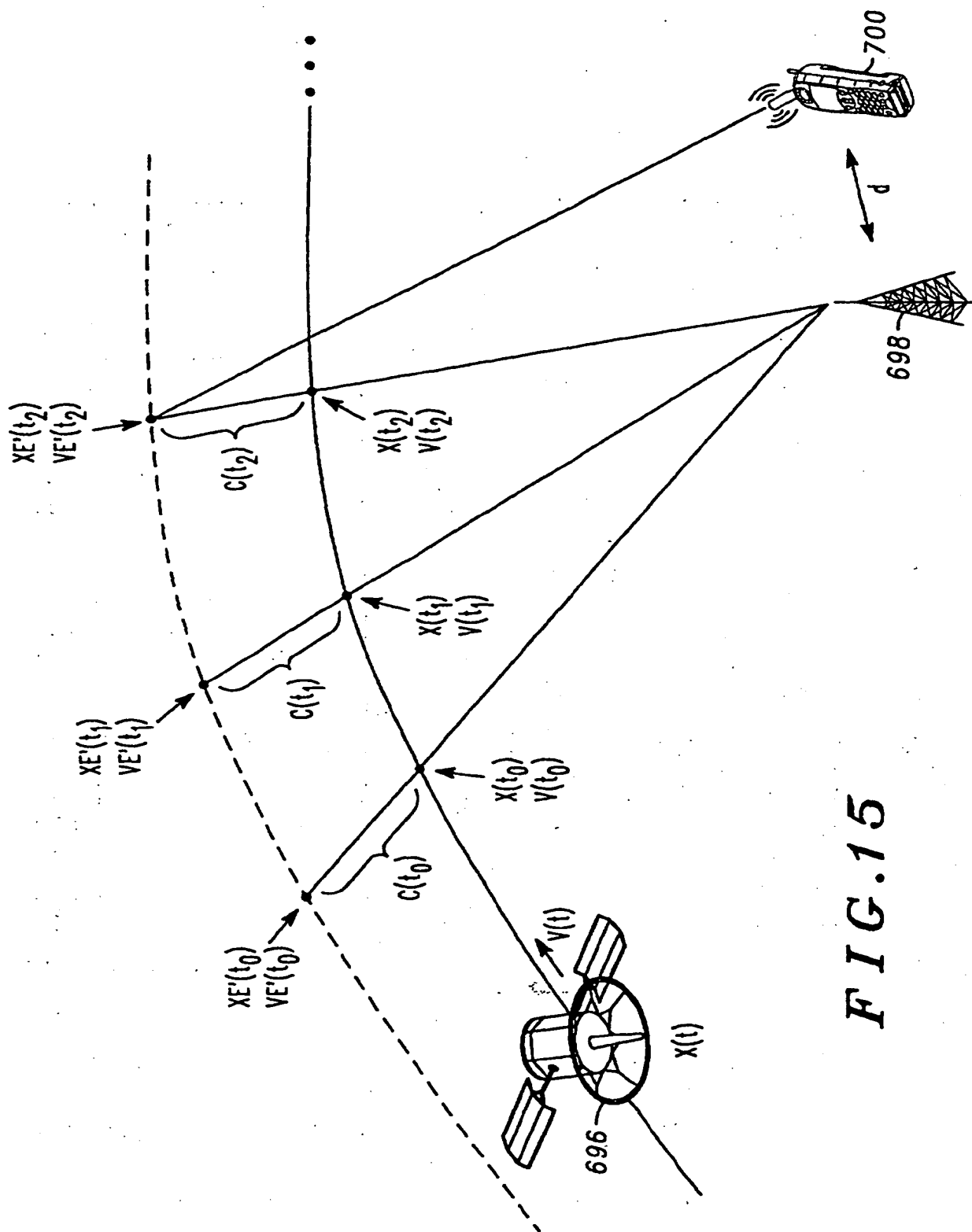
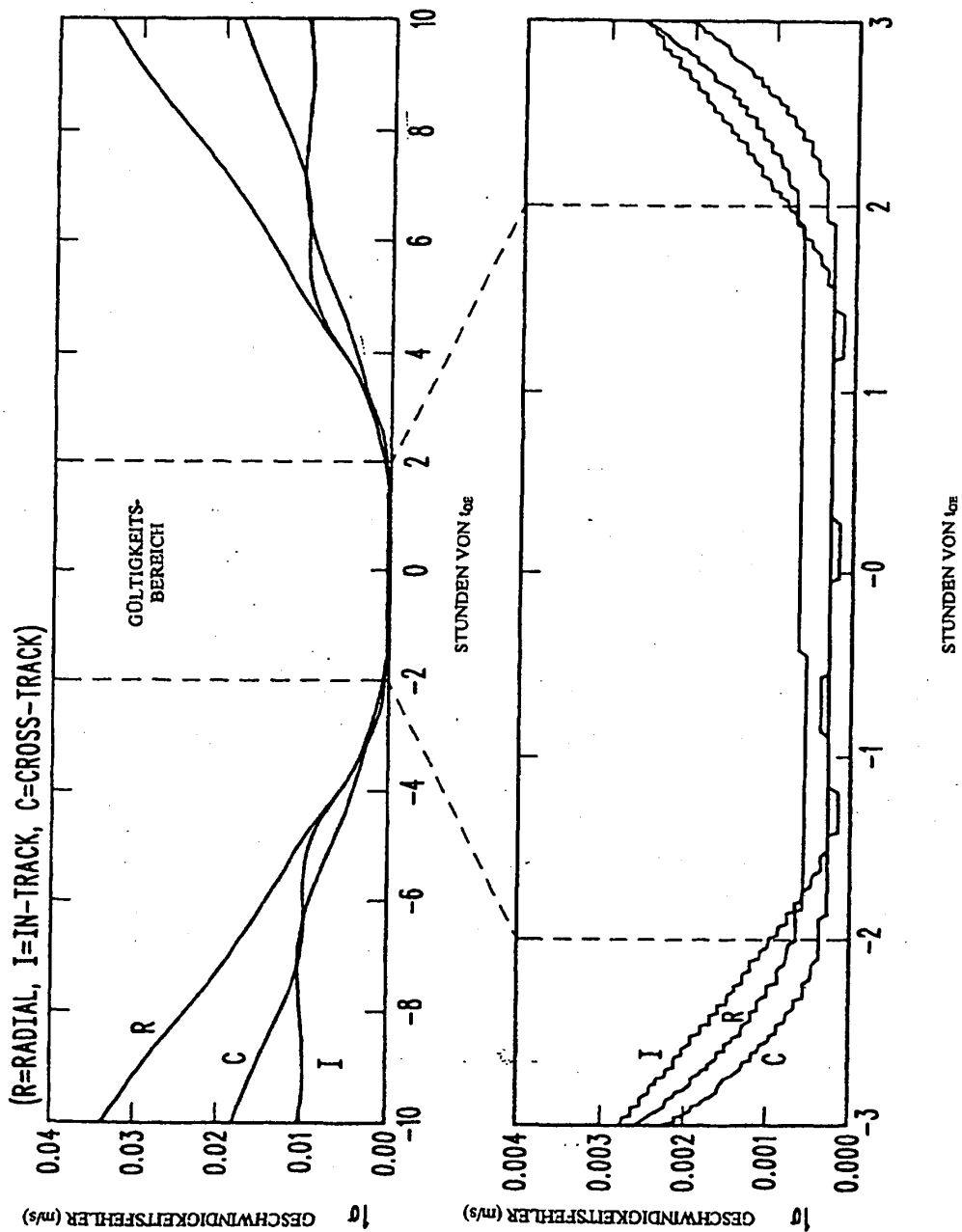
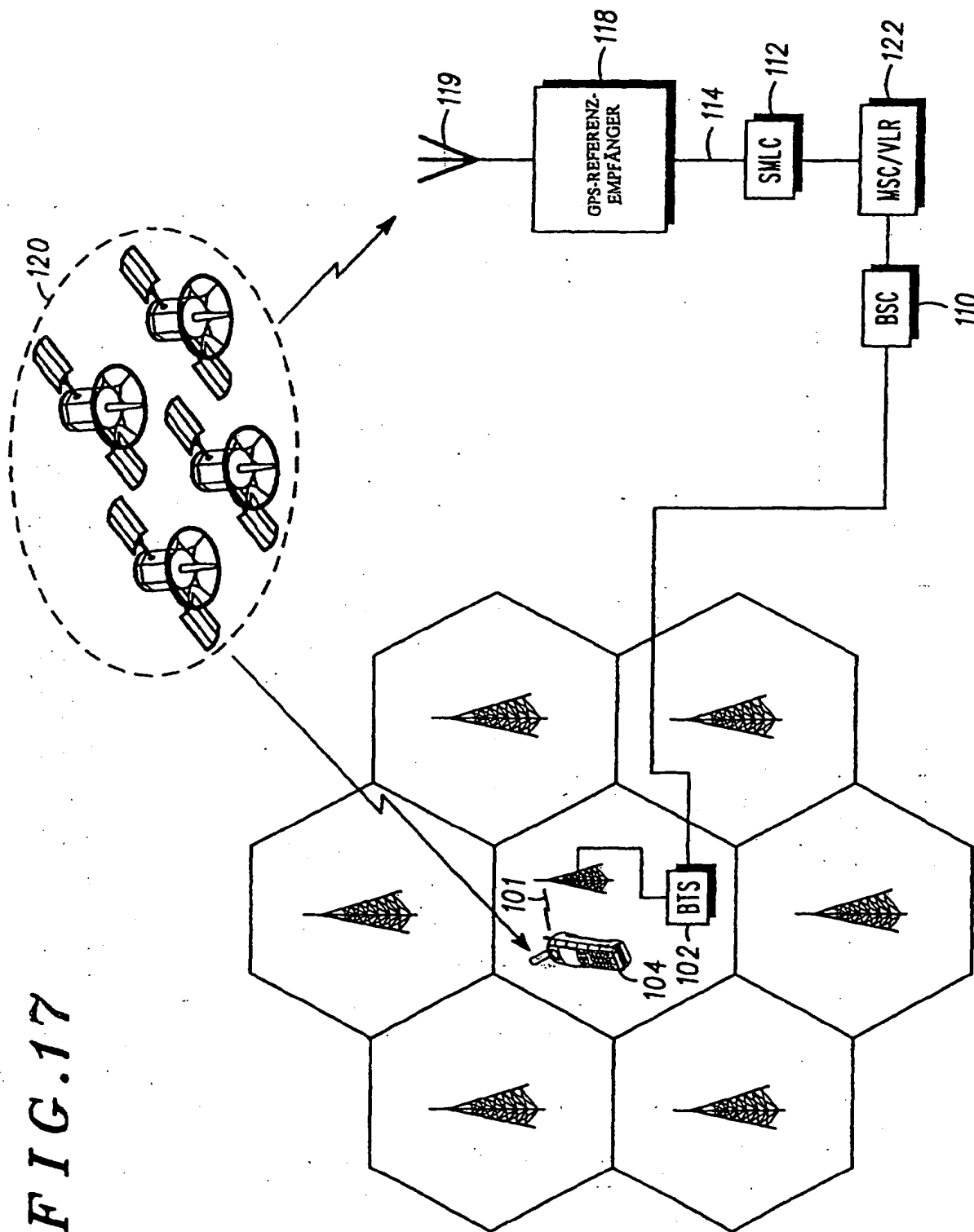


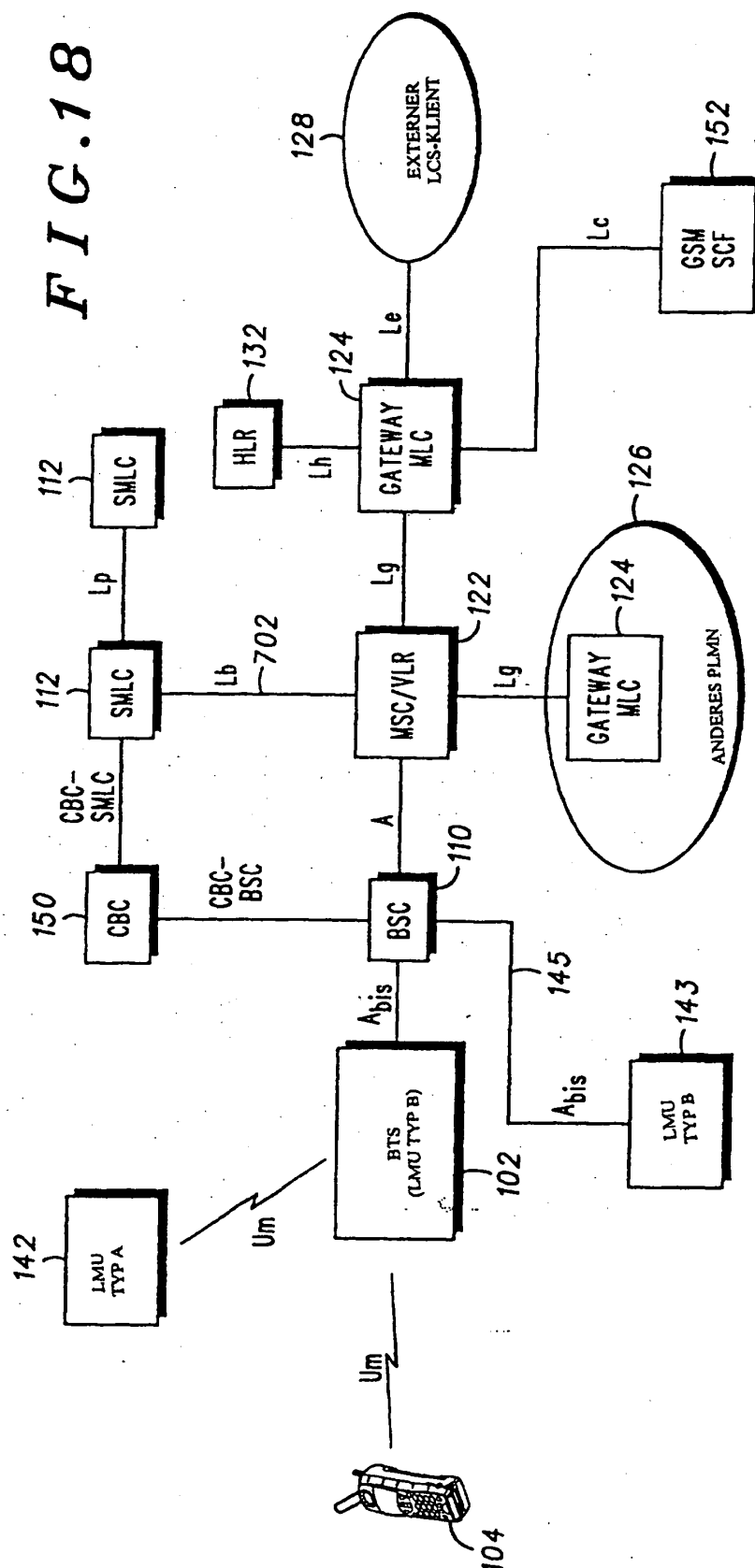
FIG. 15

FIG. 16





**FIG. 18**





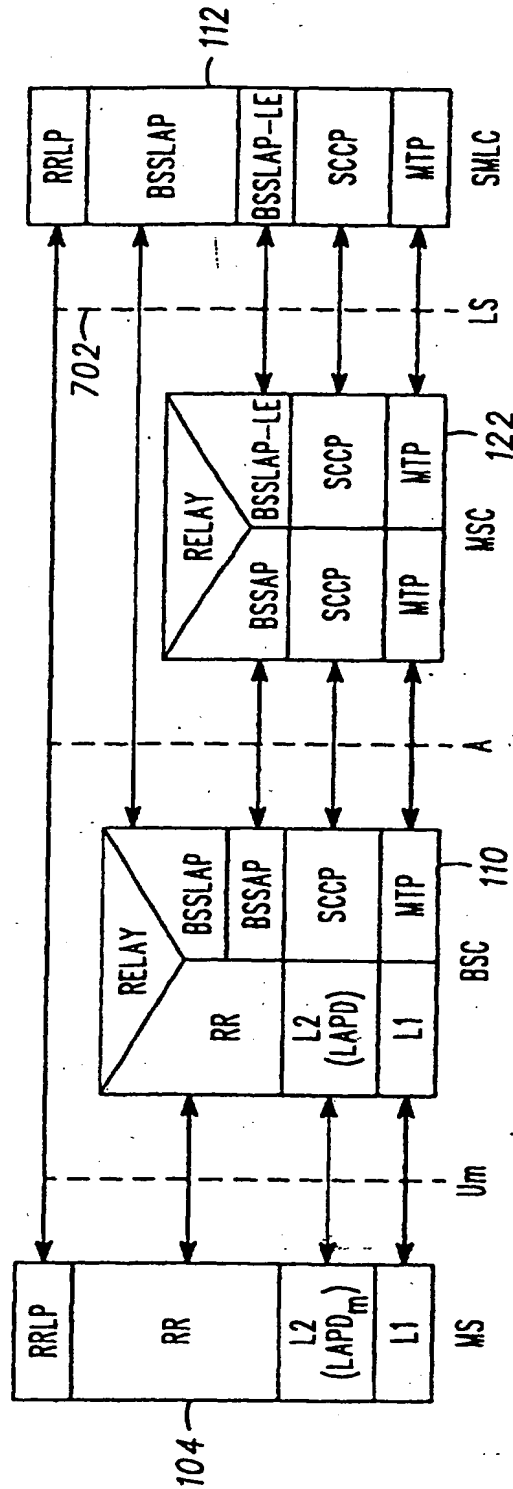


FIG. 19

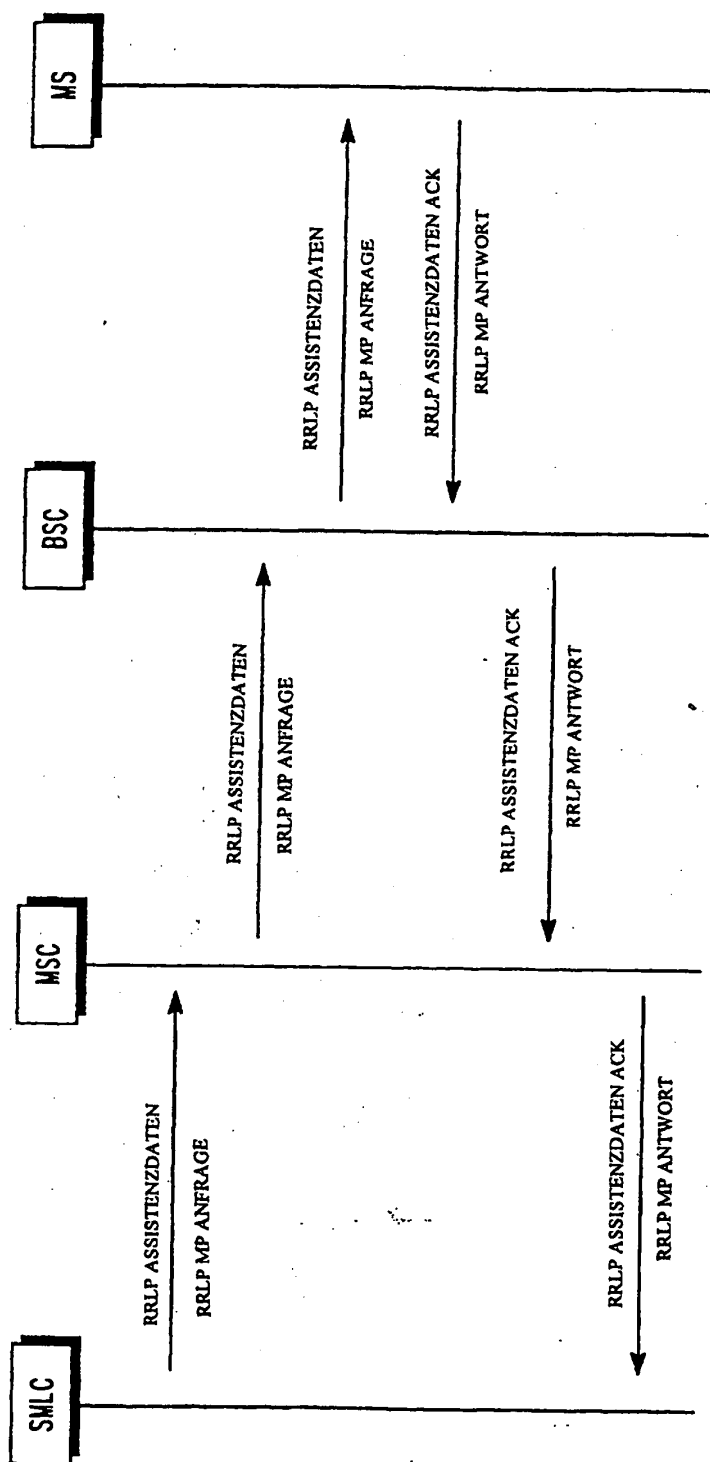


FIG. 20